

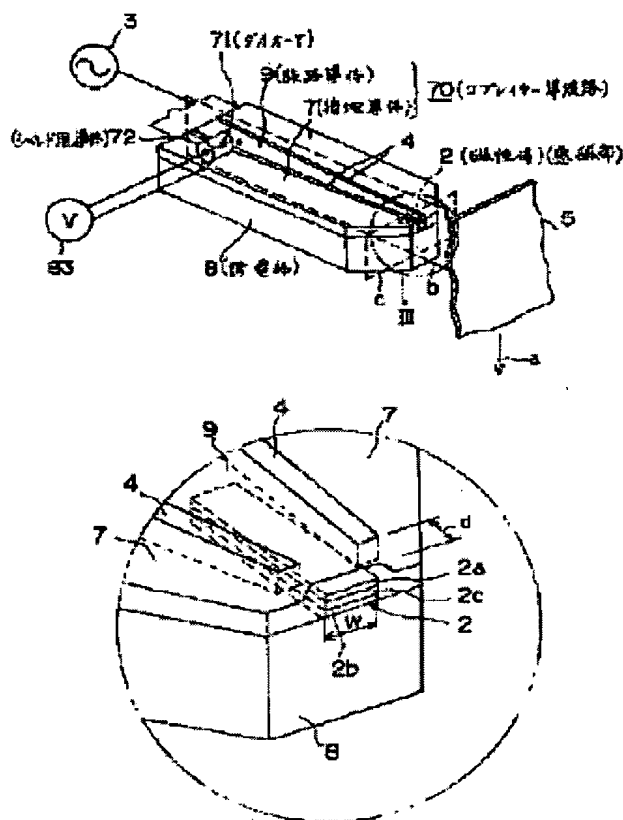
# ELECTROMAGNETIC WAVEGUIDE TYPE DEVICE FOR DETECTING MAGNETIC FIELD AND ITS MANUFACTURE

**Patent number:** JP6076245  
**Publication date:** 1994-03-18  
**Inventor:** SUGIYAMA YASUNARI; others: 02  
**Applicant:** SONY CORP  
**Classification:**  
 - international: G11B5/33; G11B5/127  
 - european:  
**Application number:** JP19920253914 19920828  
**Priority number(s):**

## Abstract of JP6076245

**PURPOSE:** To detect voltage and a phase with high sensitivity by providing a laminated body consisting of a non-magnetic layer and plural thin film magnetic layers laminated through the non-magnetic layers on a sensitive part and constituting a magnetic gap with the non-magnetic layer.

**CONSTITUTION:** A coplanar waveguide 70 is used as a micro wave waveguide for a magnetic field detection device and the magnetic field detection device is provided with a laminated structured thin film magnetic body 2 whose permeability is changed by that signal magnetic flux enters the end part of the waveguide, and the waveguide 70 and a microwave oscillator 3 and a detecting diode 71 and a voltmeter 63. On the waveguide 70, a line conductor 9 patterning a good conductor layer of Au, Cu, etc., and grounded conductors 7 on both sides are provided on a dielectric body 8. The line conductor 9 is formed tapering off gradually according to facing to a head tip, and then, impedance becomes nearly constant in a longitudinal direction. Then, a magnetic recording medium 5 as a detected body where a recording signal is reproduced is arranged so as to run sliding or opposing in the direction of the arrow (a) forward the end part of the waveguide 70.



Data supplied from the esp@cenet database - Patent Abstracts of Japan

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-76245

(43)公開日 平成6年(1994)3月18日

(51)IntCl.<sup>5</sup>

G 1 1 B 5/33

5/127

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

Z 7303-5D

審査請求 未請求 請求項の数10(全 23 頁)

(21)出願番号 特願平4-253914

(22)出願日 平成4年(1992)8月28日

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 杉山 康成

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72)発明者 大森 広之

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72)発明者 庄子 光治

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

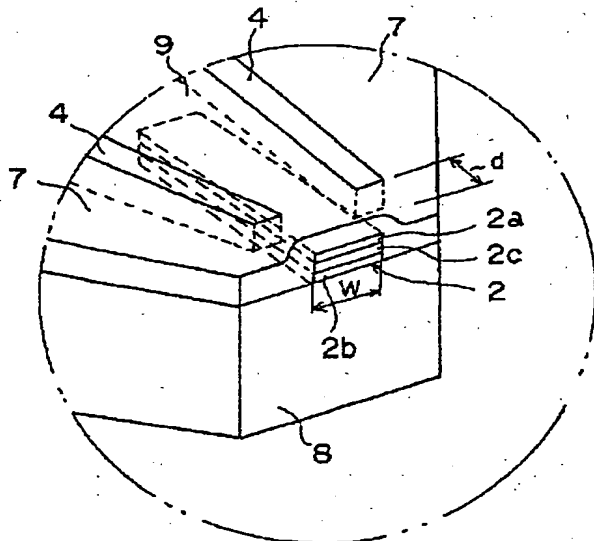
(74)代理人 弁理士 澤坂 宏

(54)【発明の名称】 電磁波導波路型磁界検出装置及びその製造方法

(57)【要約】

【構成】 非磁性薄膜2cと非磁性薄膜2cを介して積層された複数(例えば2層)の磁性薄膜2a、2bとからなる積層体によって感磁部2が構成され、非磁性薄膜2cによって磁気ギャップが形成され、マイクロ波導波路型磁界検出装置が構成される。

【効果】 マイクロ波導波路構成とすることにより、被検出磁界による磁性層の透磁率変化で、定在波等の変化を出力として高感度に検出でき、また、キャリア周波数は、数100MHz、或いはGHzオーダーにも高めることができ、磁気記録媒体上の記録信号用周波数も高周波とすることができ、高密度記録が可能になる。その上、感磁部2を前記の積層構造とすることにより、形成される閉磁路によって外部磁束の侵入距離が増え、一段と高い周波数、短波長の被検出磁界をも検出可能になる。



(2).

特開平6-76245

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 非磁性層とこの非磁性層を介して積層された複数の薄膜磁性層とからなる積層体が感磁部に設けられ、前記非磁性層が磁気ギャップを構成している電磁波導波路型磁界検出装置。

【請求項2】 基体上に第一の磁性層と非磁性層と第二の磁性層とからなる積層体を薄膜形成法によって設ける工程と、前記積層体の近傍に電磁波導波路を形成する工程とを有する、請求項1に記載された電磁波導波路型磁界検出装置の製造方法。

【請求項3】 被検出磁束を侵入させるための磁性層と、前記被検出磁束をその侵入側へ戻すためのリターン磁路とによって感磁部が構成され、前記磁性層と前記リターン磁路との少なくとも一方が薄膜磁性層からなっている電磁波導波路型磁界検出装置。

【請求項4】 リターン磁路又は磁性層が機械加工によって作製された磁性体半体コアからなっている、請求項3に記載された電磁波導波路型磁界検出装置。

【請求項5】 磁性層とリターン磁路とが共に薄膜磁性層からなっている、請求項3に記載された電磁波導波路型磁界検出装置。

【請求項6】 基体に設けた凹部に、機械加工によって作製された磁性体半体コアを埋め込む工程と、前記磁性体半体コアに、被検出磁束を導くための磁性層を結合する工程と、この結合体の近傍に電磁波導波路を形成する工程とを有する、請求項4に記載された電磁波導波路型磁界検出装置の製造方法。

【請求項7】 基体上に、被検出磁束を侵入させるための磁性層と前記被検出磁束をその侵入側へ戻すためのリターン磁路とを共に薄膜形成法によって形成する工程と、前記磁性層の近傍に電磁波導波路を形成する工程とを有する、請求項5に記載された電磁波導波路型磁界検出装置の製造方法。

【請求項8】 複数の薄膜磁性層、又は磁性層及びリターン磁路が被検出磁束の侵入によって所定の電磁波帯域で互いに異なる透磁率変化量を示す、請求項1～7のいずれかに記載された電磁波導波路型磁界検出装置又はその製造方法。

【請求項9】 複数の薄膜磁性層、又は磁性層及びリターン磁路がビデオ帯域で高い透磁率を示す、請求項1～8のいずれかに記載された電磁波導波路型磁界検出装置又はその製造方法。

【請求項10】 電磁波がマイクロ波である、請求項1～9のいずれかに記載された電磁波導波路型磁界検出装置又はその製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、外部磁界の検出、例えば磁気テープ、磁気ディスク、フロッピーディスク等の磁気記録媒体からの信号磁界の検出を行う磁気再生ヘッ

2

ドとして好適な、新しい原理に基づく電磁波導波路型磁界検出装置及びその製造方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 磁気記録媒体に記録された磁気記録信号の再生には、電磁誘導を用いたインダクティブ型磁気ヘッドが長年に亘って用いられてきた。しかしながら、近年の高記録密度化、高周波化に伴い、種々の問題が生じている。

【0003】 まず、記録密度の向上に伴い、再生ヘッドと磁気記録媒体との相対速度が低下し、インダクティブ型再生ヘッドでは再生出力が著しく低下する。

【0004】 これに対して、磁気記録媒体との相対速度に依存しない磁束感応型の磁気抵抗効果型(MR)再生ヘッドの開発、実用化が進められている。その再生出力は、ヘッドを構成するMR素子に流す電流に比例するため、原理的には電流を多く流せばそれだけ大きな電圧を得ることが出来るはずである。しかし、通電による発熱があるため、実際には通電量には限界がある。

【0005】 MR再生ヘッドの再生出力はMR素子のMR比にも比例するため、出力向上のために、現在、より大きなMR比を有する材料の探査が盛んに進められている。現状では主にパーマロイが用いられているが、そのMR比は2%程度に留まっており、再生出力は充分とは言えない。また、こうしたMRヘッドにおいては、バルクハウゼン効果によるノイズでS/N比が低下することが大きな問題となっている。

【0006】 他の磁束感応型の再生ヘッドとして、外部磁界によるコイルの共振特性の変化を利用した再生ヘッドの提案もなされている(例えば、1990年電子情報通信学会の春季全国大会講演予稿集5-35頁)。但し、このヘッドにおいては、分布定数回路的な取扱はなされておらず、磁性体の透磁率も1GHz以下の領域で用いている。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】 上述したように、近年、磁気記録においては、記録する情報量の急速な増加に伴い、高記録密度化、高周波化の傾向が著しい。この傾向は特に、ビデオ、コンピューターの外部記憶装置としてのハードディスクなどの分野において強くなっている。ビデオの分野においては、今後のハイディフィニション化(高精細化)及びデジタル化に対応する必要がある、またハードディスクはコンピューターの性能向上に伴うソフトウェアの規模の拡大、データ処理量の増加等に対する対応に迫られている。

【0008】 この高密度化、高周波化に対応するためには、再生ヘッドとしては、高感度でかつ高周波特性に優れたものが必要となる。

【0009】 本発明は、上記の事情に鑑みてなされたものであって、外部磁界の検出、即ち外部磁界の有無及び強度の検出が可能であり、特に磁気記録媒体上の磁気記

(3)

特開平6-76245

3

録による信号磁界を高感度をもって検出でき、高密度化、高周波化の要求に対応した再生ヘッドを構成でき、かつ、波長が一層短い（短波長）信号も十二分に再生でき、小型化も実現できる電磁波導波路型磁界検出装置及びその製造方法を提供することを目的としている。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、本発明は次のような構成としている。

【0011】第一の発明は、非磁性層とこの非磁性層を介して積層された複数の薄膜磁性層とからなる積層体が感磁部に設けられ、前記非磁性層が磁気ギャップを構成している電磁波導波路型磁界検出装置に係るものである。

【0012】第二の発明は、基体上に第一の磁性層と非磁性層と第二の磁性層とからなる積層体を薄膜形成法によって設ける工程と、前記積層体の近傍に電磁波導波路を形成する工程とを有する、前記第一の発明に係る電磁波導波路型磁界検出装置の製造方法に係るものである。

【0013】第三の発明は、被検出磁束を侵入させるための磁性層と、前記被検出磁束をその侵入側へ戻すためのリターン磁路とによって感磁部が構成され、前記磁性層と前記リターン磁路との少なくとも一方が薄膜磁性層からなっている電磁波導波路型磁界検出装置に係るものである。

【0014】第四の発明は、リターン磁路又は磁性層が機械加工（例えばバルク状磁性体の切出しによるバルクプロセス）によって作製された磁性体半体コア（磁性補助コア）からなっている、前記第三の発明に係る電磁波導波路型磁界検出装置に係るものである。

【0015】第五の発明は、磁性層とリターン磁路とが共に薄膜磁性層からなっている、前記第三の発明に係る電磁波導波路型磁界検出装置に係るものである。

【0016】第六の発明は、基体に設けた凹部に、機械加工（例えばバルク状磁性体の切出しによるバルクプロセス）によって作製された磁性体半体コア（磁性補助コア）を埋め込む工程と、前記磁性体半体コアに、被検出磁束を導くための磁性層を結合する工程と、この結合体の近傍に電磁波導波路を形成する工程とを有する、前記第四の発明に係る電磁波導波路型磁界検出装置の製造方法に係るものである。

【0017】第七の発明は、基体上に、被検出磁束を侵入させるための磁性層と前記被検出磁束をその侵入側へ戻すためのリターン磁路とを共に薄膜形成法によって形成する工程と、前記磁性層の近傍に電磁波導波路を形成する工程とを有する、前記第五の発明に係る電磁波導波路型磁界検出装置の製造方法に係るものである。

【0018】上述の各発明において、複数の薄膜磁性層、又は磁性層及びリターン磁路が、被検出磁束の侵入によって所定の電磁波帯域で互いに異なる透磁率変化量を示すこと、並びにビデオ帯域で高い透磁率を示すこと

4

が望ましい。

【0019】また、電磁波としてマイクロ波を使用することが望ましい。ここで、「マイクロ波」とは、広義には0.3~1000GHzの波長域の電磁波を指すが、本発明では、そうしたマイクロ波のうち、100GHz以下（特に0.3~30GHz）の電磁波が好適であるが、300GHz以下のミリメートル波も使用可能である。

【0020】

【発明に至る経過及び発明の基本的原理】本発明者は、鋭意研究の結果、前述した要請に応え得る再生ヘッド用として好適な新規な分布定数回路型磁界検出装置に着目し、この知見に基づいて本発明に到達したものである。本発明の実施例の説明に先立って、以下に上記分布定数回路型磁界検出装置の基本的原理を説明する。

【0021】上記分布定数回路型磁界検出装置の基本構成は、図43Aの構成図で示すように、電磁波が励振された分布定数回路1の回路内部の磁界発生部位（感磁部）に、印加磁界変化により透磁率 $\mu$ （本明細書でいう透磁率とは複素透磁率を指称する。）が変化する磁性体2を配置する。

【0022】即ち、磁性体2を回路内部に有する分布定数回路1を発振器3によって励振させるとき、その磁性体2が、磁界発生部位にあるようにその位置を設定する。そして、被検出磁界を磁性体2に直接的或いは間接的に作用させ、これによる透磁率変化で分布定数回路1内の電磁場分布を変化させ、これを検出して被検出磁界の検出を行う。

【0023】図43Aで説明したように、分布定数回路1、即ち、具体的にはマイクロストリップライン、導波管、同軸ケーブル等からなる分布定数回路1を発振器3によって励振させるとき、その終端（即ち、負荷端）がインピーダンス整合状態にあれば、進行波が発生する。逆に、インピーダンス不整合状態にあれば、進行波のほかに反射波が発生し、それらの重ね合わせにより定在波が立つ。そして、この定在波比は、分布定数回路1の終端が開放又は短絡状態で最大となる。

【0024】この装置では、印加磁界変化により透磁率が変化する磁性体2を含む分布定数回路1を設け、これの励振状態での磁界発生部位に、磁性体2を配置するものである。今、磁性体2に被検出磁界を与えない状態で、或る瞬間に図43Bに示すような電磁場分布を持つ電磁波が生じているとすると、分布定数回路1は、その回路の透磁率が変化するれば、電磁場分布が変化する。

【0025】従って、外部磁界 $H_{ex}$ 、即ち被検出磁界 $H_{ex} = H$ が磁性体2に作用して、これの透磁率 $\mu$ （実部 $\mu_r$ 及び虚部 $\mu_i$ ）が変化するれば、図43Bの電圧分布も変化するの、分布定数回路1の特定位置 $x_s$ での例えば、位相、振幅、波長を検出することにより、被検出磁界の検出を行うことができる。

【0026】図44中、曲線4Zは、外部磁界 $H_{ex}$ が例え

5

ば与えられていない $H_{ex}=0$ で、分布定数回路1の終端が不整合状態にあって、特定位置 $x_0$ で定在波振幅 $|V|$ が最小値 $V_0$ を示す定在波が立っている状態の波形を示している。図44において定在波振幅の最大値と最小値との比を電圧定在波比と称し、 $\lambda$ は定在波波長、 $\lambda/2$ は定在波の山又は谷が繰返される間隔を示す。そして、この定在波比は、終端を開放或いは短絡した状態で最大となる。

【0027】この状態で前述したように、磁性体2に対する印加磁界 $H_{ex}$ が $H_{ex}=H$ に変化すると、即ち被検出磁界が与えられると、分布定数回路1の電磁場分布が変化することによって例えば図44中に破線曲線 $4_{ex}$ に示すように、電圧定在波比、定在波波長 $\lambda$ 、及び位相或いはそのいずれかが変化し、位置 $x_0$ での定在波振幅 $|V|$ が $V_{ex}$ に変化する。

【0028】従って、被検出磁界が与えられない状態での電圧 $|V|$ が最小値 $V_0$ を示す例えば位置 $x_0$ で、被検出磁界が与えられたときの $V_{ex}$ を検波すれば、大きな電圧の変化が得られ、高感度の検出を行うことができる。しかしながら、電圧曲線4Zが理想状態からずれて、その最小値 $V_0$ で、その波形が鈍化した形状を示すときは、例えば電圧検波位置 $x_0$ は、 $V_0$ 位置からむしろ僅かにずらした位置に選定する。

【0029】更に、分布定数回路1の一部を分布定数共振器によって構成し、この共振器内に磁性体2を配置する構成とするときは、共振器内には共振条件を満たす電磁波しか励振されないため、磁性体2の透磁率変化が共振特性に大きく影響して共振波長及び共振幅(Q値)が変化すると共振器内の電磁波の励振状態を大きく変化させ、それに伴って分布定数回路1内の電磁場分布を大きく変化させることができ、被検出磁界の検出をより高感度に行うことができる。

【0030】分布定数回路型磁界検出装置は、例えば図43Aに示すように、その基本的構成を示す分布定数回路1、具体的には、例えばマイクロストリップライン、同軸ケーブル等を設け、これを同軸ケーブル等の電磁波(例えばマイクロ波)伝送路10を介して発振器3によって励振するようにした分布定数回路1を構成する。

【0031】分布定数回路1は、印加磁界の変化によって透磁率 $\mu$ の実部 $\mu_r$ 乃至は虚部 $\mu_i$ が変化する軟磁性体、例えばCo-Ta-Zr系アモルファス合金よりなる磁性体2を含む構成とする。

【0032】磁性体2の配置位置は、これを含む分布定数回路1の電磁波が励振された状態での磁界が強く発生する部位に選定する。

【0033】分布定数回路1は、その終端、即ちいわゆる負荷端が、整合状態或いは不整合状態のいずれをも採り得るものであり、整合状態にあっては進行波が生じ、不整合状態では前述したように反射波の発生によって定在波を立たせることができ、特にその終端が短絡或いは

(4)

特開平6-76245

6

開放状態にあるときは、その定在波比を大とすることができ。

【0034】図45は、磁気記録媒体5の記録信号を読み出す再生ヘッドに本分布定数回路磁界検出装置を適用した場合の一例の概略構成図である。この場合、分布定数回路1の例えば終端部に、外部印加磁界によって透磁率に変化する上述の軟磁性体による磁性体2を配置し、これを磁気記録媒体5に近接対向させて媒体5と相対的に走行するようにする。

10 【0035】そして、媒体5の記録磁化に基づく漏洩信号磁界を磁性体2に作用させてこの信号磁界に基づく透磁率変化による電磁場分布変化を分布定数回路1の特定位置における例えば電圧変化として、或いは振幅、位相変化として、検出器6、例えばネットワークアナライザ、或いは(及び)検波器及び電圧計等によって測定する。

【0036】図46はネットワークアナライザ61によって分布定数回路1の例えば反射係数 $S_{11}$ を測定する場合、図47は透過係数 $S_{21}$ を測定する場合の態様を示す。

20 【0037】なお、図45で説明した構成において図48に示すように、分布定数回路1の終端を短絡するときは、励振したときに生じる定在波の電圧分布は図48中に曲線aで示すように終端で電圧最小となり、節をつくる。従って、このときの電流は終端で最大となり、発生する磁界は終端部で最大となる。従って、定在波分布は、この終端部の透磁率に最も強く依存する。

【0038】つまり、図48に示すように終端部を短絡した構成とし、この終端近傍に外部磁界で透磁率に変化する磁性体2を配置すれば、定在波は、外部磁界の変化に最も強く依存することになる。

30 【0039】従って、図48による検出装置を、再生ヘッドとして用いる場合において、分布定数回路1の終端を直接磁気記録媒体5に近接させて媒体5からの信号磁界を検出する際には、この終端に磁性体を置く構成が望ましいことになる。

【0040】また、このように終端部を短絡した場合、上述したようにこの終端部に発生する電界が小さくなることによって、終端部の誘電率の変化が定在波分布に及ぼす影響が小さくなるので、磁気記録媒体5に近接させる際の電氣的原因によるノイズの低減化も図られる。

40 【0041】更に、磁気記録媒体5の記録磁化に基づく媒体5からの信号磁界の検出、即ち信号再生に際し、媒体5と分布定数回路1との接触によって電氣的な導通が生じた場合にも、終端を短絡した構成にするときは、媒体5側も接地することにより、回路1と媒体5との間で電流が流れることを回避できるので、これによるノイズの発生も回避できる。

50 【0042】分布定数回路型磁界検出装置における分布定数回路1としては、例えば図48に示すように、マイクロストリップライン型構成とすることができる。

7

【0043】この場合、例えばAu、Cu等からなる接地導体7上に、ガラス、或いは $Al_2O_3$ 、サファイア等の如く誘電率が大きく高周波損失が小さい材料よりなる誘電体8を介して、ストライプ状のAu、Cu等からなる線路導体9が形成されている。更に、その終端側の一部の領域下においては $Co_{75}Ta_{11}Zr_{14}$ のアモルファス軟磁性薄膜よりなる磁性体2が形成され、その終端において、線路導体9と接地導体7とが短絡された構成を採っている。

【0044】このマイクロストリップライン型導波路による分布定数回路1においても、外部磁界が与えられない $H_{ex}=0$ の状態、定在波が得られているとすると、外部磁界 $H_{ex}=H$ が与えられたとき、その励振状態が変化することから、ストリップラインの特定位置、或いは、例えばストリップラインと発振器をつなぐ伝送路10上の図40中に破線Aで示す特定した位置で、曲線4Z及び $4_{ex}$ による電圧を検波してその電圧変化を測定することで、外部磁界 $H_{ex}$ の検出乃至は測定をすることができ

る。  
【0045】図50は、この検出電圧と外部磁界（被検出磁界）との関係を示したもので、例えば10e程度の磁界変化を、200mV程度という大きな電圧変化として高感度に検出できる。この場合、図48の構成において線路導体9の幅30 $\mu m$ 、厚さ1 $\mu m$ 、磁性体2の長さ1mm、幅30 $\mu m$ 、厚さ0.5 $\mu m$ とした。

【0046】また、この構成によるマイクロストリップラインによる分布定数回路1において、そのインピーダンスの外部磁場依存を、ネットワークアナライザ（ヒューレットパッカード社製、HP8719A）によって周波数 $f$ を130MHz～8GHzの範囲で測定した。その測定結果を図47に示す。

【0047】図51中、曲線91は外部磁界 $H_{ex}=0$ のとき、曲線92は外部磁界 $H_{ex}=80A/m$ の場合で、夫々 $\Delta 2$ 、 $\Delta 4$ 、 $\Delta 6$ 、 $\Delta 8$ 印で示す位置が、夫々 $f=2GHz$ 、 $f=4GHz$ 、 $f=6GHz$ 、 $f=8GHz$ のときの値を示す。図51から解るように、外部磁界 $H_{ex}$ により導波路の入力インピーダンス、従って導波路内の電磁場分布が変化している。

【0048】従って、このネットワークアナライザによる測定結果によって、外部磁界、即ち被検出磁界 $H_{ex}$ の検出を行うことができることになる。

【0049】更に図52を参照して、マイクロストリップライン型構成とした場合の一例を詳細に説明する。図52において図45に対応する部分には同一符号を付して示す。

【0050】この場合においても、接地導体7と、線路導体9とを有し、両者間に例えば誘電体8と磁性体2とが介在された構成が採用されている。

【0051】その作製に当たっては、図53に示すように高誘電率で、低い高周波損失の $Al_2O_3$ 、サファイア基板等よりなる誘電体8が用意され、これの上に例えば厚さ

(5)

特開平6-76245

8

0.7 $\mu m$ の $Co_{75}Ta_{11}Zr_{14}$ のアモルファス軟磁性体薄膜2sをスパッタリングによって形成する。

【0052】そして軟磁性体薄膜2sを、その透磁率 $\mu$ が鋭敏な磁界依存性を示すように、例えば1kOeの固定磁界中で300℃、1時間の熱処理を行って例えば異方性磁界 $H_k$ が0.20e程度の一軸異方性を付与する。

【0053】そして、軟磁性薄膜2s上に、図示しないが例えば全面的に、良電気伝導性を有する例えばAu、或いはCu等を厚さ1 $\mu m$ にスパッタリングして良導電層を形成する。

【0054】次に、この良導電層とこの下の軟磁性薄膜2sを、例えば長さ2mm、幅30 $\mu m$ で、例えばこの幅方向に軟磁性薄膜2sの磁化容易軸e。aが略一致するように、細長い形状にフォトリソグラフィによるパターンエッチングを行って、良導電層よりなる細長い線路導体9を形成すると共に、この下に軟磁性薄膜2sの一部からなりかつ透磁率が外部磁界に依存性を有する磁性体2を形成する。

【0055】そして、磁性体2と線路導体9を有する誘電体8を、接地導体7を構成する良導電性の例えばCuブロック等の上に接合する。

【0056】このようにして、例えば負荷端1aが開放されたマイクロストリップラインを構成する。

【0057】そして、マイクロストリップライン型分布定数回路1において、線路導体9と接地導体7との間に発振器3、即ち高周波電源を例えば同軸ケーブルによる伝送路10によって接続する。

【0058】この発振器3、即ち高周波電源の周波数を例えば1GHz程度に調整して、電磁波（例えばマイクロ波）導波路による分布定数回路1を励振させ、図44の実線曲線4Zで示すように、 $x=x_s$ の位置に定在波の節が来るように励振周波数を調整する。そして、この $x-x_s$ での定在波電圧を検波回路62によって検波してその電圧を電圧計63で測定することによって、図44で説明したように、 $V_0 \sim V_{ex}$ の変化として磁場検出を行うことができる。

【0059】図54は、分布定数回路1を構成するマイクロストリップラインの横断面図で、同図中の細線a1、a2、a3、a4、a5は磁界の分布を示し、破線細線b1、b2、b3・・・は電界の分布を示す。この場合、磁場は線路導体9の幅方向に発生する。従って、そこに例えば幅方向に磁化容易軸e。aを持つ磁性体2を用いると、磁化困難軸方向に外部磁界 $H_{ex}$ を印加することによりマイクロ波の作る幅方向の磁界に対する透磁率 $\mu$ を変化させることができる。これに伴い、前述したように電圧定在波比、定在波波長 $\lambda$ 、或いはそれらのいずれかが変化することになる。

【0060】このような構成による検出装置、即ち磁気ヘッドは、図45で説明したように、分布定数回路1、即ちマイクロストリップラインの終端1aを磁気記録媒体

9

5に近接対向させ、マイクロストリップライン型の分布定数回路1の負荷端(開放端)1aを磁気記録媒体(図示せず)に近接対向させ、磁気記録媒体の記録磁化に基づく漏れ磁界、即ち信号磁界を外部磁界 $H_{ex}$ として検出する。即ち、磁気信号を電気信号に変換して取り出すことができる。

【0061】この場合、磁性体2の磁化容易軸方向の透磁率は、磁化容易軸に垂直な方向に外部磁界 $H_{ex}$ が印加されていないときには小さいが、磁化容易軸に垂直な方向に磁界を印加してゆくに従って次第に増加し、 $H_{ex} = H_k$  (異方性磁界)のあたりで最大となり、更に磁界を増加させると、透磁率は減少してゆく。

【0062】高周波電源の周波数、いわばキャリア周波数 $f$ は例えば1GHzとし、このとき、記録信号磁界 $H_{ex}$ の周波数はそれより一桁低い100MHz程度という充分高い周波数としても、検波回路62によって振幅検波することによりキャリア成分を除き、 $H_{ex}$ の変化のみを電圧変化として取り出すことができる。

【0063】図55は、上記の構成においてバイアス磁場を印加しない状態で検出回路からの出力電圧 $V_0$ を外部磁界 $H_{ex}$ を変化させて測定したものを示す。

【0064】この場合、実際に媒体からの磁界を検出する場合、 $V_0$ の磁界依存性が最も急峻でかつ線形性の良い、 $B_1$ 又は $B_2$ のような位置に動作中心が来るように、図52に示すように電磁石若しくは永久磁石等のバイアス磁界印加手段11を配し、これによってバイアス磁場 $H_b$ を与え、優れた感度と歪みの小さい出力が得られるようにすることができる。

【0065】更に、図52の例では、磁性体2を線路導体9と同パターンとした場合であるが、必ずしもこのように同一のパターンとすることに限られるものではない。

【0066】また、磁性体2は、マイクロストリップラインによる導波路に含まれる構成としたものであるが、磁性体2が絶縁性(誘電体)である場合には、誘電体8の一部として或いは、これに替えて配置するとか、良導電性を有する場合には、導体7又は9の一部或いはこれに替えて配置することができる。

【0067】また、図52で説明した例では、磁性体2が細長い形状とされ、その幅方向を磁化容易軸 $e$ 、 $a$ の方向とした場合であるが、その使用目的、使用態様に応じて磁化容易軸方向及び異方性磁界の大きさの選定がなされる。

【0068】上述したように、分布定数回路型磁界検出装置によれば、分布定数回路1に磁性体2を設け、被検出磁界による磁性体2の透磁率 $\mu$ の変化による定在波、進行波等の変化を利用して、伝送路、分布定数回路等の所定位置での電圧、位相等を検出するようにしたので、その検出(即ち、磁界検出)を高感度に行うことができる。

【0069】そして、上記磁界検出装置を磁気記録媒体

(6)

特開平6-76245

10

の記録情報に基づく信号磁界を読み出す再生用磁気ヘッドに適用するときは、MR磁気ヘッドと同様に磁気記録媒体との相対速度に関係なく、MR磁気ヘッドよりも高感度に再生を行うことができる。

【0070】また、分布定数回路型、即ち、電磁波(例えばマイクロ波)導波路型構成とすることによって、そのキャリア周波数は、数100MHz、或いはGHzオーダにも高めることができることから、磁気記録媒体の記録信号の周波数も高周波とすることができるので、磁気記録媒体との相対速度に依存しないことと相俟って、より高密度記録化を図ることができる。

【0071】つまり、上述の磁気再生ヘッドは磁束感応型であり、ヘッドと磁気記録媒体との相対速度に依存しないため、インダクティブ型磁気ヘッドと比較し、高記録密度化に伴う再生出力の低下が小さい。更に、同じ磁束感応型のMRヘッドと比較した場合、磁性体2に直接電流を流す必要がないため、大きな電力を投入することが可能であり、従ってMRヘッドと比較して大きな再生出力を得ることが可能である。

【0072】更に、磁性体2には高周波磁界が常時印加されているため、信号磁束による磁性体の磁区の移動がスムーズになるため、ハルクハウゼン効果によるノイズが発生し難くなり、 $S/N$ 比の向上が期待できる。

【0073】また、外部磁界によるコイルの共振特性の変化を利用した磁気再生ヘッドと比較した場合、上記の構成では、より高周波領域(例えば数GHz領域)における磁性体2の透磁率の変化を利用し、分布定数回路的な取扱いをしているため、以下の(1)~(5)のような利点がある。

【0074】(1) 分布定数回路においては、透磁率の僅かな変化により、内部に励振された電磁波(例えばマイクロ波)の空間的な分布が大きく変化するため、大きな電圧変化が得られる。

【0075】(2) 高周波において定量的に正確な設計が可能となり、輻射損等の損失を低減し、信号磁束による透磁率変化を効率よく電圧変化に変換することが可能となる。

【0076】(3) 定在波の変化を検出する方法により、電磁波の振幅の変化だけでなく、位相の変化も同時に電圧変化として検出でき、感度を飛躍的に向上させることが可能となる。

【0077】(4) 周波数が高いと波長はそれに反比例して小さくなり、電磁波のより大きな位相部分が透磁率変化の影響を受けることとなり、感度が増す。

【0078】(5) キャリア周波数を高くすることが出来、磁気記録媒体からの信号磁束はキャリアに対する変調となるので、より高い周波数の信号を再生することが可能となる。

【0079】以上の結果、より高感度で、より優れた高周波特性を有する磁界検出を可能とし、磁気再生ヘッド

11

においては磁気記録の高密度化、高周波化の実現に極めて有効なものである。

【0080】本発明者は、以上に述べた分布定数回路型磁界検出装置について検討を加えた結果、上述した種々の優れた特長を有しているが、次のような課題も残っていることが判明した。

【0081】即ち、感磁部において設ける磁性体2は単一層（例えばCo-Ta-Zr系アモルファス合金薄膜）からなっているため、再生波長（記録信号波長）が短くなるに従って、磁性体への信号磁束の侵入距離が急激に減少し、再生出力も急激に低下することがある。

【0082】また、単層の磁性薄膜では、その膜厚以下の波長の信号は再生できない。そこで、膜厚を薄くして波長の短い信号を再生しようとした場合、インダクタンスが減少して出力の低下を招いてしまう。しかも、膜厚が薄くなると、磁気特性の劣化も問題となる。

【0083】このように、単層の磁性薄膜を用いることから、特に、短波長信号の再生が困難となる。

【0084】本発明は、上述した新規で有用な分布定数回路型磁界検出装置のもつ特長を生かしながら、これを更に改良するものである。

【0085】

【実施例】以下、本発明の実施例を説明する。

【0086】図2は本発明に基づく電磁波導波路型（分布定数回路型）磁界検出装置を磁気再生ヘッドに適用した場合の一例の斜視図で、図3は図2のIII部分の拡大図である。

【0087】この例による磁界検出装置は、マイクロ波導波路としてコプレイナー導波路を用いたものであって、導波路の終端部に信号磁束が侵入することにより透磁率が変化する積層構造の薄膜磁性体2と、終端が図示の如くに短絡されたコプレイナー導波路70と、マイクロ波源（即ち、発振器）3と、検波用ダイオード71と、電圧計63とを有している。

【0088】検波用ダイオード71は、絶縁材によって被覆されて接地されたシールド用導体によって囲まれている。

【0089】コプレイナー導波路70は、マイクロ波導波路の一種であるが、上述したマイクロストリップライン型とは異なり、誘電体8の上（即ち、同一面上）に、図2、図3に示されるようにAu、Cu等の良導電体層をパターンニングして線路導体9とその両側に接地導体7が設けられた形状となっている。線路導体9はヘッド先端へ向かうに従って漸次幅細に形成されているが、これによってヘッドの長さ方向でインピーダンスがほぼ一定となるようにしている。

【0090】そして、薄膜磁性体2が設けられているコプレイナー導波路70の終端部の前方に、記録信号の読出し（再生）が行われる被検出体としての磁気記録媒体5が、矢印aに示す方向に摺接乃至は対向して走行するよ

(7)

特開平6-76245

12

うに配置される。

【0091】図4Aは、図2に示したコプレイナー導波路70の上面図で、同図B及びCは図2の破線b及びc（又は図4Aのb-b線及びc-c線）で示される部分の拡大断面図である。

【0092】マイクロ波発振器3によりコプレイナー導波路70内にマイクロ波を投入すると、マイクロ波は短絡された終端部で反射され、その結果、前述したように、進行波と反射波の干渉により図5のように定在波が生ずる。

【0093】その際、図4Aに示すように、線路導体9の幅方向をW1方向、長手方向をL1方向とすると、線路導体9の回りにはW1方向にマイクロ波の磁界（図53参照）が発生するため、終端部における反射係数は薄膜磁性体2のW1方向の透磁率に依存することになる。

【0094】磁性体2に、W1方向が磁化容易軸となるように磁気異方性が付与されている場合、磁化は信号磁束の侵入に伴ってW1方向からL1方向に向きを変え、それに伴い、W1方向の透磁率が変化するので、僅かな磁束により透磁率を大きく変化させることができる。

【0095】図6は、図2に示したコプレイナー導波路型磁気再生ヘッドをネットワークアナライザ（ヒューレットパッカード社製、HP8719A）に接続し、入力インピーダンスを測定した結果を示したものである。測定周波数は130MHz～5GHzである。破線は外部から磁界印加の無い場合、実線は80A/mの外部磁界を印加した場合である。

【0096】外部磁界の印加により、2.5GHz～4.5GHzで、入力インピーダンス（反射係数）のかなり大きな変化が見られる。通常、磁性体の透磁率は高周波領域で急速に減衰し、数GHz領域においては非常に小さいと考えられているが、図6の測定結果から、1GHz以上の高周波領域において、外部磁界の印加により、透磁率が大きく変化する周波数範囲が存在することを示している。従って、その領域の透磁率変化を利用することにより、使用周波数を1～10GHzとすることが可能となる。

【0097】また、終端部において反射係数が変化した結果、コプレイナー導波路70において、図7Aのように定在波の位相、あるいは図7Bのように定在波比、あるいは、そのいずれもが変化する。この変化を、コプレイナー導波路70内の定在波の電圧振幅の変化が最も大きくなる定在波の節の近傍の位置に図2のようにダイオード71を設け、電圧を振幅検波することにより、信号磁束の変化を最大の電圧変化として検波し、記録信号を再生することができる。

【0098】本例で注目すべきことは、図1に拡大図示するように、感磁部の磁性体2を、非磁性薄膜2cを挟んで両側に磁性薄膜2a、2bを設けた3層の積層構造としていることである。磁性薄膜2a、2bは閉磁路を形成し、非磁性薄膜2cは磁気ギャップを形成してい



13

る。

【0099】感磁部2は、後述するようにスパッタリングとフォトリソグラフィによって形成され、全体として短冊状を呈している。スパッタリングはターゲットの選択によって膜の特性を容易にコントロールでき、フォトリソグラフィはパターニングが容易で精度も高い。このように薄膜形成技術を採用することによる利点は大きい。更にヘッド自体も小型化、薄厚化できることも利点である。

【0100】本例によれば、図8に示すように、磁性薄膜2a、2bが非磁性薄膜2cを磁気ギャップとして、磁気記録媒体5から侵入する信号磁束MFに対して閉磁路を形成するため、信号磁束MFは磁性薄膜内に十分な距離で侵入することができる。しかも、非磁性薄膜2cの膜厚を調整することにより、磁性薄膜2a-2b間で磁束MFを効率良く導くことができるから、記録信号が短波長であっても、これを感磁部内に十二分に通すことができる。なお、図中、磁気記録媒体5の各矢印は信号磁界の向きをそれぞれ示す（以下、同様）。

【0101】こうして、本例のマイクロ波導波路型磁界検出装置は、再生ヘッドとして使用することによって、磁気記録媒体5からの信号磁束が短波長化してもこれを効率良く感磁部内へ導くことができる。この信号磁束の侵入によって、上記したように、磁性薄膜の磁化容易軸方向での透磁率を大きく変化させ、この変化に基づいて感磁部先端からのマイクロ波の反射係数による定在波の電圧変化を検波し、短波長領域の記録信号を十分な再生出力で再生することができる。そして、このような顕著な効果は、磁性薄膜を薄くしなくても実現できるため、インダクタンスは大きく、出力向上につながり、また磁気特性自体も良好に保持される。

【0102】上記した磁性薄膜2a、2bによる閉磁路では、図8に示すように、磁性薄膜2a、2bにおいては磁気記録媒体5からの磁束MFの方向が逆になることがあるため、透磁率の変化方向が磁性薄膜2aと2bとで異なる可能性がある。例えば、磁束MFの侵入により、磁性薄膜2aの透磁率が増加し、磁性薄膜2bの透磁率が減少する場合は、磁性薄膜2a、2bのマイクロ波に与える影響を互いに相殺して再生出力を低下させることになる。

【0103】そこで、こうした再生出力低下を避けるため、例えば、線路導体9に近い側の磁性薄膜2aには、磁束の侵入によるマイクロ波領域（特に0.3~30GHz、更には100GHz迄）での透磁率変化が大きく（例えば、透磁率が500で透磁率変化が200）、かつ、ビデオ帯域（数~数10MHz）での透磁率が高い（例えば1000以上）材料を用いる。他方、磁性薄膜2bには、マイクロ波領域での磁束侵入による透磁率変化は小さい（或いは全く無い）がビデオ帯域での透磁率が高い（例えば1000以上）材料を用いる。

(8)

特開平6-76245

14

【0104】感磁部2を上記のように構成することにより、磁性薄膜2bは磁気記録媒体5から磁束MF（以下、単に媒体磁束と呼ぶことがある）を導き入れる役割にのみ有効でマイクロ波に悪影響を与えることがなくなる。但し、磁気記録媒体5の記録信号磁界の向きは場所によって変化するので、この変化に対応して図8に示した磁性体内での磁束の方向も媒体走行に伴って変化する（図8ではその一態様のみ示した。）。いずれの場合も、 $\Delta\mu$ の変化が磁性薄膜2aと2bとで上記のように異ならせておくと、再生出力を大きくとれる。

【0105】媒体磁束の侵入により、このように透磁率の変化が異なる磁性薄膜を形成する手段として、両者の磁気異方性を変化させる方法がある。即ち、媒体磁束により透磁率が大きく変化する磁性薄膜2aには、媒体磁束により容易に磁化がその方向に向くことができる程度の大きさ（例えば0.5~50e程度）であって分散性の小さい（異方性の大きさ及び方向のパラッキが小さい）鋭い磁気異方性が、媒体磁束の侵入方向と垂直方向に付与されていることが望ましい。

【0106】上記のような特性を持つ磁性薄膜2aとしては、アモルファス磁性材料が適している。アモルファス磁性材料では、磁界中での熱処理により容易に誘導磁気異方性を付与することができる。また、アモルファス磁性材料は電気抵抗が高く、マイクロ波が侵入する表皮の厚さが大きいので、透磁率変化がマイクロ波の空間分布に与える影響が大きくなる利点もある。しかも、強度、耐削性、耐蝕性も良好である。

【0107】他方、媒体磁束により余り透磁率が変化しない磁性薄膜2bを形成するためには、アモルファス材料ならば、磁場中での熱処理により、磁性薄膜2aのように、はっきりとした異方性のつかないものを用いるか、又は、やはり磁場中での熱処理により誘導磁気異方性が付与され難い結晶系の磁性材料を用いる方法がある。

【0108】以上の観点から、高周波特性に優れた誘電体（アルミナ、GGG（Gd Ga Garnet）、ガラス等）の基板上に、スパッタリングにより磁性薄膜2b、非磁性層2c、磁性薄膜2aをこの順序で成膜することができる。この例では、磁性薄膜2a、2bのスパッタリング条件としては、スパッタリングガスはArを用い、Arガス圧は1~3mTorr、投入電力は300Wで行った。

【0109】磁性薄膜2aとしては、例えば $\text{Co}_{75}\text{Ta}_{11}\text{Zr}_{14}$ アモルファス薄膜（厚さ0.5~2 $\mu\text{m}$ 、例えば1 $\mu\text{m}$ ）、磁性薄膜2bとしては、例えば $\text{Fe}_{50}\text{Co}_{50}\text{Si}_{10}\text{B}_{15}$ アモルファス薄膜（厚さ0.5~2 $\mu\text{m}$ 、例えば1 $\mu\text{m}$ ）を用いた。

【0110】非磁性薄膜2cとしては、例えば $\text{SiO}_2$ （厚さ0.15~0.6 $\mu\text{m}$ 、例えば0.5 $\mu\text{m}$ ：ギャップ長に相当）を用いた。スパッタリング条件としては、スパッタリングガスは酸素を10%含むArガスを用い、ガス圧は3

15

mTorr、投入電力は 300Wで行った。

【0111】次に、上記3種の薄膜積層体を 300℃、1 kOeの磁界中で熱処理した。更に、フォトリソグラフィ（イオンミリング）により、トラック幅 1~40 μm（例えば30 μm）、長さ10 μm~2mm（例えば1mm）の短冊状に成形した。

【0112】次に、このように成形された薄膜積層体を感磁部としてコブレイナー導波路型磁気再生ヘッドを作製する。

【0113】以上の成膜及びパターニングを含むヘッド 10 作製手順を、図9~図12について更に説明する。

【0114】まず、図9に示すように、アルミナ等の誘導体基板の素材18の表面に、対応するターゲットを用いたスパッタリングによって、 $\text{Fe}_5\text{Co}_{10}\text{Si}_{10}\text{B}_{15}$ アモルファス等の薄膜12b、 $\text{SiO}_2$ 等の非磁性薄膜12c、 $\text{Co}_{75}\text{Ta}_{11}\text{Zr}_{14}$ アモルファス等の薄膜12aをこの順に被着させ、これら薄膜12a、12c、12bをそれぞれ所定厚に成膜してなる3層積層体12を誘電体基板素材18上に形成する。

【0115】次いで、公知のフォトリソグラフィの手法により、3層積層体12を短冊状にパターニングし、図10 20 に示すように、薄膜磁性体2a、非磁性薄膜2c、磁性薄膜2bからなる複数の短冊状の感磁部2を同一パターンに形成する。

【0116】次に、図11に示すように、誘電体基板素材18上に、感磁部2上を含めて全面に例えばAu、Cuからなる導電膜17をスパッタリングによって所定厚（例えば1 μm）に被着させる。

【0117】次に、フォトリソグラフィにより、導電膜17をパターニングし、図12のように、線路導体9と接地 30 導体7、7とを分ける切除部4を形成する。

【0118】次に、これを仮想線で示す切断線CLで切断し、図2に示したコブレイナー導波路型磁気再生ヘッドに個々に切り出す。かくして得られるコブレイナー導波路型磁気再生ヘッドの上面には、先端部は接続されるが先端部以外は切除部4、4によって分離された線路導体9と一対の接地導体7、7とが設けられ、また先端部では磁性体2と線路導体9とがほぼ同一パターンに重なり合っている。

【0119】本例の再生ヘッドは、コブレイナー導波路型であるから、導波路を構成する導体9と7は共に同一面（誘電体基板8）上に共通のフォトリソグラフィによって精度よくかつ容易に形成できる。なお、図9~図12の工程において、短冊状の磁性体2のみを基板18上に多数個設け、導波路の一部が各磁性体毎に設けられるように各感磁部及びその近傍（ヘッド先端部）を個々に切出し、そして別途作製した残りの部分（基板上に導波路の残りの部分を設けたもの）と接続することにより、個々のヘッドを作製してもよい。

【0120】なお、アモルファス合金は、強靱で而も耐 50 擦性、耐蝕性に優れる反面、加熱によって結晶化する傾

(9)

特開平6-76245

16

向がある。一般の磁気ヘッドにおけるような対の磁気コアをガラス融着によって接合する場合は、ガラスの熔融温度が上記結晶化温度を超えてしまう。しかし、この例では、積層磁性体2を構成する各層をスパッタリングのような薄膜形成技術とフォトリソグラフィによるパターニングの手法によって形成しているので、ガラス融着等の加熱工程を経ることがないので、アモルファス合金の上記の優れた特性を活かすことができ、極めて有利である。

【0121】図13は、上記のようにして作製された再生ヘッドについて、固定ヘッド評価機と8mmVTR用磁気テープを用いて測定した再生信号のC/N（キャリア・ 10 ツー・ノイズ）の周波数依存性をスペクトルアナライザ（アドバンテスト TR4171）により測定した結果を示している。導波路に投入されたマイクロ波電力は15dBm、周波数は5.2GHzである。図13には比較のため、磁性薄膜として厚さ1 μmの $\text{Co}_{75}\text{Ta}_{11}\text{Zr}_{14}$ 単層膜を用いた比較例の結果が破線で併記されている。

【0122】比較例では、再生出力レベルが低い上に、周波数2MHz、波長2 μm程度で再生信号が検出されなくな 20 ったが、磁性薄膜を2層にし、ギャップ長0.5 μmの磁気ギャップを形成した本例では、再生出力レベルが高くなると共に、周波数5MHz、波長0.8 μmまで再生信号が得られるようになった。

【0123】このように、本例のヘッドにより再生特性が向上するのは、図8に示したように、磁性薄膜2a、2b間で媒体磁束MFが非磁性薄膜2cを介して導通するので、磁束の侵入距離が大きくなり、また、非磁性薄膜2cの膜厚がギャップ長となるので、この膜厚を小さくすることによってこれに対応した短波長の信号の再生 30 が可能になるからである。なお、この場合、感磁部2の幅W（図3参照）がトラック幅になる。

【0124】以上のことから、マイクロ波導波路型磁気再生ヘッドの感磁部の磁性体を、非磁性層を挟んだ2層膜構造とし、非磁性層が磁気ギャップを構成する構造を取ることに 40 により、短波長領域での再生出力を向上させられることが理解できる。

【0125】マイクロ波導波路としてコブレイナー導波路70を用いた場合には、上記した優れた効果が得られるが、感磁部2が磁気記録媒体からの信号磁束を最も強く受ける導波路70の終端において、線路導体9と接地導体7との短絡部における線路が2方向に分岐していることから、この分岐箇所では、マイクロ波の磁界成分が線路導体9の幅方向に一樣に向かなくなることがある。

【0126】その結果、信号磁束の侵入により感磁部2の幅方向の透磁率が変化した際の導波路70の特性インピーダンスの変化が小さくなってしまうと、媒体5からの信号の記録波長が小さくなるにつれて、感磁部2に信号磁束が到達する距離が短くなり、到達距離が短絡線路幅 50 d（図3参照）程度以下になると急速に感度が下がる傾

17

向がある。従って、短絡線路幅は記録波長以下にすればよいが、これを小さくし過ぎると、電気抵抗が大きくなり、損失が増加し、感度が下がることがある。

【0127】このような問題は、図14に示すように、仮想線で示す位置を変更して、コプレイナー導波路の短絡線路部79に上述の感磁部2を破線の如くに設けることにより解決できる。この場合、図14の短絡線路部79の回りでは短絡線路79の幅方向、つまり $L_1$ 方向に磁界が発生するため、反射係数は感磁部2の幅方向の透磁率に依存する。この状態で磁性薄膜の透磁率が磁気記録媒体からの信号磁束の侵入により変化すると、終端部における反射係数が変化する。

【0128】このとき、感磁部2に、 $W_1$ 方向が磁化容易軸となるように磁気異方性が付与されている場合、磁化は信号磁束の侵入に伴って $W_1$ 方向から $L_1$ 方向に向きを変え、 $L_1$ 方向の透磁率が効果的に変化することになる。

【0129】この場合、線路導体9を挟んで両側の接地導体7-7間（即ち、短絡線路79）に直流バイアス電流を通電することによって、感磁部2にその幅方向（ $W_1$ と直交する方向）に所要のバイアス磁界を印加すれば、前述したように優れた感度と直線性を得る状態に設定することができる。図11には、図4の感磁部2を仮想線で示してある。

【0130】上述したように、短絡線路部79に磁性体2を配置する場合には、マイクロ波導波路として図15のように、終端を短絡したコプレイナー導波路90を用いることができる。図15Aはコプレイナー導波路90の平面図、図15B及びCは図15AのB-B線上、C-C線上の断面図を示す。この場合、図15に示されるように、良導電体からなる2本の線路導体9-9を特定の間隔を隔ててパターンニングしたもので、一方の線路が接地導体7となっている。

【0131】この場合は、短絡線路部79の幅方向（ $L_2$ 方向）に磁界が発生するため、反射係数は感磁部2の $L_2$ 方向の透磁率に依存するため、 $W_2$ 方向が磁化容易軸となるように磁気異方性を付与すれば、磁化は信号磁束の侵入に伴って $W_2$ 方向から $L_2$ 方向に向きを変え、 $L_2$ 方向の透磁率が変化することになる。そして、線路導体9及び接地導体7間（即ち、短絡線路部79）に所要の直流バイアス電流を通電することによって、感磁部2にその幅方向 $L_2$ にバイアス磁界を与えるようにすることができる。

【0132】上述した本実施例は、特徴及び作用効果を維持しながら、次に述べるような種々の変形を加えることができる。

【0133】図1の磁性薄膜2bも磁性薄膜2aと同様のCo-Ta-Zr系アモルファス合金製とし、同じ成分で組成を磁性薄膜2aとは異ならしめて両磁性薄膜間に前述した特性上の差異を持たせるようにして良い。また、磁

(10)

特開平6-76245

18

性薄膜2bにはCo-B系又はCo-Si-B系アモルファス合金が使用でき、磁性薄膜2aにはCo-Nb-Zr系アモルファス合金が使用可能である。この他、各磁性薄膜（更には非磁性薄膜）の材質は種々採用してよい。

【0134】図16は、図1の磁性薄膜2d、2bを大々2層とし、これら2層間に極薄の非磁性薄膜2d、2dを設けた例を示す。このような層構成とすることにより、各磁性薄膜の磁区を安定させることができる。

【0135】図17は、線路導体9側の磁性薄膜の膜厚を図1の磁性薄膜2aよりも大きくした磁性薄膜22aとした例を示す。このようにすると、磁束を導入し易くなって感磁性が向上するものと考えられる。

【0136】図18は、図1の感磁部2を2つ接近させて設けた例を示す。このように構成するとにより、2トラック方式として磁気記録媒体の標準走行速度で2倍の密度若しくは2種のモードでの再生が可能になるものと考えられる。

【0137】図19は、図1の感磁部2を上下に2つ積層した例を示す。このようすれば、更に異なった再生モードを実現できる。また、図20のように、下方の感磁部の磁性薄膜を上下逆とし、非磁性薄膜2eを上方の感磁部との間に設けると、例えば、図8において媒体走行方向aで信号磁束が交互に向きを変えても、これを上記2つの感磁部のいずれかが検出し、再生することができる。

【0138】以上の例は、コプレイナー導波路型磁気再生ヘッドについての例であるが、図49に示したようなマイクロストリップラインタイプに本発明を適用することもできる。この場合の動作原理等は、既述したと同様である。

【0139】即ち、図21Aは、図49Aと同様に接地導体7と線路導体9とを誘電体8の層を挟んで上下に配した例を示す。図21Bは、同様の他の例を示す拡大斜視図で、誘電体8の先端部のうち、感磁部の両側に溝8a、8aを並べて設け、溝8a、8a間に感磁部2を配し、これを覆うように線路導体9を設ける。線路導体9の先端部は、溝8a、8aを充填し、接地導体7に接続される。

【0140】図22～図33の例は、上述した実施例とは異なり、侵入磁束にリターンパスを設け、このリターンパスに、機械加工（バルクプロセス）によって作製された磁性体半体コアを使用した例である。

【0141】具体的な実施例の説明に先立って、まず本例を原理的に説明する。

【0142】図22は本例における磁性体を原理的に示す模式的斜視図、図23は磁性体に侵入する媒体磁束の流れを説明するための概略側面図である。

【0143】感磁部32は、前記した実施例における磁性薄膜2aと同等の磁性薄膜32a、非磁性薄膜32c、及び軟磁性コア材料からバルクプロセスにて削り出された磁性体半体コア（補助コア）32bが積層されたものであ

19

て、磁性体半体コア32bが媒体磁束の向きによってはリターン磁路を構成している。磁性体半体コア32bは、彎曲部32eを有し、先端部と奥部との間で彎曲部32eと非磁性薄膜32cとの間に十分な厚みの空間32d（実際には非磁性材料が充填される）が形成される。

【0144】図23に示すように、磁気記録媒体5からの媒体磁束MFは、磁性薄膜32aに侵入してから、空間32dの図面上側で非磁性薄膜32eを通して磁性体半体コア32bに入り、磁気記録媒体5側へ戻り、閉磁路を形成する。但し、媒体5の磁束の向きは場所によって変化するので、この変化によって磁束MFの向きが図23とは逆になることがあるが、この場合は、磁性薄膜2aがリターン磁路となる。

【0145】このように磁性体半体コア32bを彎曲して設けることにより、空間32dを十分な厚みとしてここからは磁束が漏れることはないため、閉磁路が長くなって媒体磁束MFの磁性体32aへの侵入距離が大きくなる。この結果、再生出力が更に増大し、また、非磁性薄膜32cの膜厚を調整（特に小さく）することによって短波長信号の再生が可能になる。

【0146】なお、図24に示すように非磁性薄膜32cは、磁性薄膜32aと、磁性体半体コア32bとの先端部の間にのみ設け、空間32d及びこれよりも奥の側には設けないようにしても良い。

【0147】即ち、この場合には、媒体磁束MFがリターンパスであるコア32bへ入る位置では非磁性薄膜32cが存在しないために、リターンパスへの磁束の侵入が容易となり、上記した閉磁路を形成し易くなる（再生出力も向上する）。なお、先端部は、非磁性薄膜32cが設けているが、これによって磁性薄膜32a—コア32b間の強度が保持されることになる。

【0148】以下、本例によるコブレイナー導波路型磁気再生ヘッドを、製造手順を追いつながら具体的に説明する。

【0149】先ず、図25に示す磁性体半体コア34を用意する。この磁性体半体コア34は、軟磁性材料ブロック（例えばフェライトブロック）を高速溝加工機を用いて加工して得られたものである。

【0150】磁性体半体コア34は、基部34aから磁気ギャップ形成部34b、34cが立設してなっていて、磁気ギャップ形成部34b、34cの上端面の幅（フロントギャップ及びバックギャップの幅）はいずれも25 $\mu$ mであり、従ってトラック幅は25 $\mu$ mである。なお、磁性体半体コア34の材料には、フェライトのほか、Co—Ta—Zr系等のアモルファス合金が使用できる。

【0151】次に、図26に示すように、マイクロ波導波路を構成する誘電体基板38に、磁性体半体コアの厚さW<sub>1</sub>より10 $\mu$ m程度幅広で、深さが磁性体半体コア基部の高さH<sub>1</sub>に等しい溝38aを削設し、図27に示すように、溝38a内に磁性体半体コア34を設置する。

(11)

特開平6-76245

20

【0152】次に、溝38a内に、コア34との間の隙間の部分も含めて、ガラスを溶かして流し込み、磁性体半体コア34を誘電体基板38に固定する。

【0153】そして、基板表面のガラスの出っ張りをサンドペーパー等で削り取り除いた後、研削板とダイヤモンド研削液を用いて研磨して滑らかにすると同時に、磁性体半体コア34のフロントギャップ及びバックギャップを形成する部分（磁気ギャップ形成部34b、34cの表面）のガラスを取り除いてこれらの表面を露出させる。

【0154】次に、図28に示すように、誘電体基板38の上にガラス36及び磁気ギャップ形成部34b、34cを含めて、磁気ギャップを形成するための非磁性薄膜35をスパッタリングにより全面に成膜する。この例においては、非磁性薄膜の材料としてはSiO<sub>2</sub>を用い、非磁性薄膜35の厚さは0.5 $\mu$ mとした。従って、ギャップ長は0.5 $\mu$ mである。

【0155】次に、図29のように、非磁性膜35の上にスパッタリングにより磁性薄膜40を成膜し、これを磁場中で熱処理し、図中のe、a方向に磁化容易軸が向くように磁気異方性を付与する。この例においては、磁性薄膜40としては、厚さ1 $\mu$ mのCo<sub>75</sub>Ta<sub>11</sub>Zr<sub>14</sub>アモルファス薄膜を用いた。熱処理は300℃、1kOeの磁界中で1時間行った。

【0156】次に、図30に示すように、磁性薄膜40をフォトリソグラフィによりパターンニングし、磁性体半体コア34のフロントギャップ部34b及びバックギャップ部34c上に重なって夫々フロントギャップ及びバックギャップを形成するように、短冊状の磁性薄膜33を成形する。

【0157】次に、図31に示すように、マイクロ波導波路の線路導体39の終端部とフロントギャップが一致するように、マイクロ波導波路100（線路導体39とこれを挟む一対の接地導体37、37とからなる）を形成する。これらのパターンニングは、前記した実施例におけるフォトリソグラフィの要領に準じて行う。

【0158】次に、図31の仮想線位置まで研磨用フィルムで先端側を研磨して先端に感磁部32を露出させ、かつ、導波路100に沿って切断し、図32に示すコブレイナー導波路型磁気再生ヘッドとする。この例において、フロントギャップのデプス長（ギャップ形成部34bの研磨後の長さ）を30 $\mu$ mとしている。このようにギャップデプス長を小さくすることにより、フロントギャップでの磁束導通によるロスが極小になる。

【0159】なお、上記に作製されたヘッドの各部は、図22と対応させると、33が32aに、35が32cに、34aが32bにそれぞれ対応している。

【0160】図33は、以上のプロセスで作製したコブレイナー導波路型磁気再生ヘッドを、固定ヘッド評価機と8mmVTR用磁気テープを用いて評価した再生信号C/Nの周波数依存性を示すグラフである。測定にはスペクトルアナライザ（アドバンテストTR4171）を用いた。

21

導波路に投入されたマイクロ波電力は15dBm、周波数は5.2GHzである。

【0161】単層膜のときは2MHz、波長 $2\mu\text{m}$ 程度で再生信号が検出されなくなった(図13に破線で示した比較例)が、磁性体半体コア32bにより媒体磁束のリターンパスを設け、かつギャップ長 $0.5\mu\text{m}$ の磁気ギャップを形成することにより、高レベルであって周波数5MHz以上、波長 $0.8\mu\text{m}$ までの再生信号が得られるようになった。図33のデータは、前記した実施例のそれ(図13参照)よりも更に向上していることが認められる。

【0162】以上のことから、マイクロ波導波路型磁気再生ヘッドの感磁部の磁性体に、媒体磁束のリターンパスを設けることにより、短波長領域での再生出力が向上することが明らかである。

【0163】図34～図42は、上記した磁性体半体コア32bに替えて、磁性薄膜でリターンパスを形成した例である。

【0164】図34は本例によるマイクロ波導波路型磁気再生ヘッドの層構成を示し、同図Aは同図BのA-A線断面図、同図Bは同図AのB-B線拡大断面図である。なお、このヘッドの全体の形状は、同図Cに斜視図で示すように、前記した実施例の図32のものと同形状である。

【0165】ガラス基板48上にFe-Co-Si-B系アモルファス合金からなる短冊状の磁性薄膜42bがリターンパスとして被着し、ガラス基板48上に磁性薄膜42a上を含めて $\text{SiO}_2$ の非磁性薄膜42cが被着し、その上にレジスト42dが局部的に設けられ、更にその上に磁性薄膜42bに対応する位置にCo-Ta-Zr系アモルファス合金からなる磁性薄膜42aが被着している。磁性薄膜42a、42b、非磁性薄膜42c及びレジスト42dによって感磁部42が構成される。

【0166】非磁性薄膜42c上に磁性薄膜42b上を含めてAuからなる線路導体49が被着し、その両側には切除部44、44を隔てて接地導体47、47が形成されている。線路導体49と接地導体47、47とは、先端部でつながっている。磁性薄膜42a上には、線路導体49との密着性を良好にするための下地層(Cr又はTi等からなる)50が設けられている。そして、ヘッド先端側はカバーガラス51によって覆われている。

【0167】図35は、感磁部42を構成する磁性薄膜42a、42b、非磁性薄膜42c及びレジスト42dの関係を示す概略斜視図、図36は媒体磁束MFの流れを示す概略図である。図36は、実際の感磁部において生じる媒体磁束MFの方向の一般様を示すもの(このときは磁性薄膜42aがリターン磁路となる。)であって、場所と共に変化する媒体の信号磁界の向きに対応して感磁部内での媒体磁束の向きが逆になることがある(この場合は磁性薄膜42bがリターン磁路となる。))。

【0168】次に、図34のマイクロ波導波路型磁気再生

(12)

特開平6-76245

22

ヘッドの製造手順を、図37～図42によって説明する。

【0169】この例では、誘電体基板48に、高周波特性に優れるガラス基板を使用した。まず、ガラス基板48上にスパッタリングによってFe-Co-Si-B系アモルファス合金の膜を $1\mu\text{m}$ 厚で成膜し、フォトリソグラフィによって幅 $30\mu\text{m}$ (トラック幅に対応)、長さ1mmの短冊形にパターニングし、磁性薄膜42bとした。スパッタリングの条件は、Arガス圧 $1 \times 10^{-3}\text{Torr}$ 、投入電力300Wである。

10 【0170】次に、磁性薄膜42b上に、磁気ギャップを構成するための非磁性材料として、スパッタリングにより $\text{SiO}_2$ の膜(非磁性薄膜42c)を $0.5\mu\text{m}$ 厚に成膜する。スパッタリングの際の条件は、 $\text{O}_2$ ガスを10%含むArガスでトータルガス圧 $3 \times 10^{-3}\text{Torr}$ で、投入電力300Wである。

【0171】次に、この上にレジストをスピコートし、これをフォトリソグラフィによりパターニングし、磁性薄膜42bと図37に示す位置関係になるように42dとして残す。この際、図37中に示した $L_1$ 部分がフロントギャップを形成するため、 $L_1$ の長さを所定のフロントギャップ長より長くなるようにする。この例では、 $L_1 = 50\mu\text{m}$ 、 $L_2 = 100\mu\text{m}$ 、 $L_3 = 850\mu\text{m}$ とした。

20 【0172】次に、これを $120^\circ\text{C}$ でベークし、レジスト42dを収縮させることにより、図38のようにレジスト42dのエッジを丸くする。次いで、 $\text{N}_2$ 雰囲気中、 $270^\circ\text{C}$ で5分間熱処理し、レジスト42dを硬化させる。

【0173】次に、その上にCo-Ta-Zr系アモルファス合金をスパッタリングにより成膜する。スパッタリングの際の条件は、Arガス圧 $1 \times 10^{-3}\text{Torr}$ 、投入電力300W、膜厚は $1\mu\text{m}$ とした。次いで、これを $270^\circ\text{C}$ 、1kOeの磁界中で熱処理し、図39に示す方向e、aに磁化容易軸をもつ磁気異方性を付与する。

【0174】次に、Co-Ta-Zr系アモルファス合金を、Fe-Co-Si-B系アモルファス合金薄膜42bに重なるようにフォトリソグラフィによりパターニングし、図40に示すように幅 $24\mu\text{m}$ 、長さ1mmの磁性薄膜42aに成形する。

【0175】次いで、その上に基板と良導体の膜との接着を良くするために、まず下地としてCr、Ti等をスパッタリングにより成膜する。その上に、スパッタリングにより良導体金属を成膜する。本実施例においては良導体金属としてはAuを用いた。成膜はArガス圧 $3 \times 10^{-3}\text{Torr}$ 、投入電力300Wで行った。

40 【0176】次に、フォトリソグラフィにより、良導体金属を図41に示す形状に成形し、線路導体49と一對の接地導体47、47とからなるコプレイナー導波路110とする。このとき、導波路110の線路導体49と磁性薄膜42a、42bとが重なるようにする。更に、最終的に導波路の先端がフロントギャップの先端になるため、フロントギャップの長さが所望の大きさになるように、導波路11

23

0の先端と磁性薄膜の相対的な位置関係を定める必要がある。本実施例においては、フロントギャップ長を $30\mu\text{m}$ としたため、図のL1'を $30\mu\text{m}$ とした。

【0177】次に、図42に概略を示すように、カバーガラス51を接着し、導波路110に沿って切断する。但し、導波路110の先端部は摺動面になるため、研磨用フィルムで研磨して当たり出しを行う必要がある。従って、研磨した後、摺動面が導波路110の先端と一致するように、その分の余裕を以て切断する必要がある。

【0178】この例の場合、フォトレジスト42dによって図36に示した閉磁路とリターンパス（薄膜の磁性膜42b）とを形成できる。従って、前記した磁性体半体コアを用いた例と同等の効果が得られ、また、リターンパスも薄膜プロセスで形成できるために、その形成が容易かつ高精度に行える。

【0179】以上のプロセスで作製したコプレイナー導波路型ヘッドを、固定ヘッド評価機と8mmVTR用磁気テープを用いて評価した再生信号のC/Nの周波数依存性を測定した。測定にはスペクトルアナライザ（アドバンテストTR4171）を用いた。導波路に投入されたマイクロ波電力は15dBm、周波数は5.2GHzである。測定結果は、前記した実施例における図33の結果と実質的に同じであり、この例にあっても前記した実施例と同様の効果が奏せられる。

【0180】以上、本発明の実施例を説明したが、本発明の技術的思想に基づいて前記の各実施例に種々の変形を加えることができる。

【0181】例えば、磁性薄膜や非磁性薄膜等を構成する材料には、実施例に挙げた材料のほか、他の適宜の材料が使用できる。また、本発明に基づく電磁波導波路磁界検出装置は、再生用磁気ヘッド以外による磁界検出や磁気センサーにも適用でき、また使用する電磁波としては、マイクロ波のほか、他の適宜の波長域の電磁波が採用可能である。

【0182】また、線路導体、接地導体及び感磁部の形状や配設位置、更には層構成は、上記各実施例によるほか、他の適宜の形状、配設位置とすることができる。なお、磁性薄膜は線路導体の下部において適宜の位置やサイズに変更することも可能である。

【0183】上記の各実施例は、いずれも、磁気記録媒体の記録信号を検出対象としているので、感磁部を先端に設けて図46の反射係数測定方式を採用している。このほか、磁気再生ヘッド以外による磁界検出にあつては、被検出磁界の種類によっては、導波路の長手方向の中間位置に感磁部を配し、図47の透過係数測定方式を採用することができる。

【0184】反射係数測定方式、透過係数測定方式のいずれにあつても、先端側からの入力インピーダンスによっては電磁波の反射が起こらず、定在波が発生しない場合があり得るので、上記入力インピーダンスを考慮して

(13)

特開平6-76245

24

設計することが望ましい。

【0185】また、上述した実施例ではコプレイナー導波路型について主として述べたが、マイクロストリップライン型に変形可能であることは勿論である。

【0186】また、製法面において、上述した感磁部の形成プロセスにスパッタリング以外の成膜方法、例えば真空蒸着法を採用したり、パターンニングに他のドライエッチング技術等を採用することは差支えない。

【0187】

10. 【発明の作用効果】本発明に基づく電磁波導波路型磁界検出装置は、非磁性層を介して積層された複数の薄膜磁性層からなる積層体を感磁部に設け、前記非磁性層を磁気ギャップとしているので、被検出磁界による磁性層の透磁率の変化による定在波、進行波等の変化を利用して、伝送路、分布定数回路等の所定位置での電圧、位相等を検出するようにしたので、その検出（即ち、磁界検出）を高感度に行うことができる。

20 【0188】また、電磁波導波路型構成とすることによって、そのキャリア周波数を高めることができるから、被検出磁界の信号周波数も高周波とすることができ、より高密度記録化を図ることができる。しかも、磁束感応型であり、ヘッドと被検出磁界との相対速度に依存せず、また大電力の投入が可能となり、高記録密度化によっても再生出力の向上を図ることができる。

30 【0189】そして、薄膜磁性層が非磁性層を磁気ギャップとして、被検出磁界から侵入する信号磁束に対して閉磁路を形成するため、信号磁束は薄膜磁性層内に十分な距離で侵入することができる。しかも、非磁性層の膜厚を調整することにより、薄膜磁性層内で磁束を効率良く導くことができるから、記録信号が短波長であっても、これを感磁部内に十二分に通すことができる。

【0190】しかも、上記のような顕著な効果は、薄膜磁性層を薄くしなくても実現できるため、インダクタンスは大きく、出力向上につながり、また磁気特性自体も良好に保持される。

【0191】また、磁性層を薄膜で形成しているので、薄膜形成技術の採用によって、容易かつ高精度に感磁部を作製でき、また、その装置の小型化、薄厚化にとっても有利である。

40 【0192】更に、被検出磁束を侵入させるための磁性層と、前記被検出磁束をその侵入側へ戻すためのリターン磁路とによって感磁部を構成することにより、前記閉磁路の奥行きが深くなり、侵入距離が増大し、リターン磁路から効率よく磁束が戻されるため、一層短波長の領域であっても再生出力が更に向上する。

50 【0193】また、被検出磁束を侵入させるための磁性層と、前記被検出磁束をその侵入側へ戻すためのリターン磁路との少なくとも一方を、薄膜磁性層によって形成することにより、感磁部の形成（成膜及びパターンニング）が高精度かつ容易になる。

25

【0194】以上の結果、より高感度で、より優れた高周波特性を有する磁界検出を可能とし、高密度化、高周波化、短波長化の実現に極めて有効なものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例の感磁部の層構成を示す拡大斜視図である。

【図2】同マイクロ波導波路型磁界検出装置の拡大斜視図である。

【図3】図2のIII部の拡大図である。

【図4】Aは同磁界検出装置におけるコプレーナ導波路の拡大平面図、Bは図2でのb-b断面図、Cは図2でのc-c断面図である。

【図5】同磁界検出装置の電圧分布図である。

【図6】ネットワークアナライザによる入力インピーダンスの測定結果を示す図である。

【図7】A、Bは共に同磁界検出装置の電圧分布図である。

【図8】同感磁部における被検出磁束の流れを説明するための概略図である。

【図9】同磁界検出装置の作製の第一のステップを示す拡大斜視図である。

【図10】同磁界検出装置の作製の第二のステップを示す拡大斜視図である。

【図11】同磁界検出装置の作製の第三のステップを示す拡大斜視図である。

【図12】同磁界検出装置の作製の第四のステップを示す拡大斜視図である。

【図13】同磁界検出装置の再生信号のC/Nの周波数依存性を示すグラフである。

【図14】同実施例の変形例におけるコプレーナ導波路の要部拡大平面図である。

【図15】同実施例の他の変形例におけるコプレーナ導波路の要部拡大平面図(A)及び要部拡大断面図(B、C)である。

【図16】同実施例の他の変形例におけるマイクロ波導波路型磁界検出装置の拡大部分断面図である。

【図17】同実施例の他の変形例におけるマイクロ波導波路型磁界検出装置の拡大部分断面図である。

【図18】同実施例の他の変形例におけるマイクロ波導波路型磁界検出装置の拡大部分断面図である。

【図19】同実施例の他の変形例におけるマイクロ波導波路型磁界検出装置の拡大部分断面図である。

【図20】同実施例の他の変形例におけるマイクロ波導波路型磁界検出装置の拡大部分断面図である。

【図21】同実施例の他の変形例におけるマイクロ波導波路型磁界検出装置の拡大部分断面図(A)及び拡大部分斜視図(B)である。

【図22】本発明の他の実施例の感磁部の層構成を示す斜視図である。

【図23】同感磁部における被検出磁束の流れを説明する

(14)

特開平6-76245

26

ための概略図である。

【図24】同実施例の変形例における感磁部での被検出磁束の流れを説明するための概略図である。

【図25】同実施例のマイクロ波導波路型磁界検出装置の作製の第一のステップを示す拡大斜視図(磁性体半体コアの拡大斜視図)である。

【図26】同磁界検出装置の作製の第二のステップを示す拡大斜視図(誘電体基板の拡大斜視図)である。

【図27】同磁界検出装置の作製の第三のステップを示す拡大斜視図である。

【図28】同磁界検出装置の作製の第四のステップを示す拡大斜視図である。

【図29】同磁界検出装置の作製の第五のステップを示す拡大斜視図である。

【図30】同磁界検出装置の作製の第六のステップを示す拡大斜視図である。

【図31】同磁界検出装置の作製の第七のステップを示す拡大斜視図である。

【図32】同磁界検出装置の拡大部分斜視図である。

【図33】同磁界検出装置の再生信号のC/Nの周波数依存性を示すグラフである。

【図34】本発明の更に他の実施例のマイクロ波導波路型磁界検出装置の拡大断面図(A、B)及び拡大部分斜視図(C)である。

【図35】同感磁部の層構成を示す拡大斜視図である。

【図36】同感磁部における被検出磁束の流れを説明するための概略図である。

【図37】同磁界検出装置の作製の第一のステップを示す拡大平面図である。

【図38】同磁界検出装置の作製の第二のステップを示す拡大斜視図である。

【図39】同磁界検出装置の作製の第三のステップを示す拡大斜視図である。

【図40】同磁界検出装置の作製の第四のステップを示す拡大斜視図である。

【図41】同磁界検出装置の作製の第五のステップを示す拡大平面図である。

【図42】同磁界検出装置の作製の第六のステップを示す拡大概略斜視図である。

【図43】本発明の基本的原理を説明するための、分布定数回路型磁界検出装置の構成図(A)及び電圧分布図(B)である。

【図44】同磁界検出装置の動作の説明をするための定在波の説明図である。

【図45】同磁界検出装置の構成図である。

【図46】本発明の基本的原理を説明するための、ネットワークアナライザによる分布定数回路の反射係数測定の構成図である。

【図47】同ネットワークアナライザによる分布定数回路の透過係数の測定の構成図である。

(15)

特開平6-76245

27

28

【図48】同磁界検出装置の他の例の構成図である。

【図49】マイクロ波ストリップライン型導波路を有する磁界検出装置の例の縦断面図（A）及び斜視図（B）である。

【図50】同磁界検出装置の外部磁界（被検出磁界）と検出電圧の関係を示す図である。

【図51】同ネットワークアナライザによる測定結果を示す図である。

【図52】同磁界検出装置の更に他の構成図である。

【図53】マイクロ波ストリップライン型導波路の作製方法の説明図である。

【図54】同マイクロ波ストリップラインの磁界・電界分布図である。

【図55】同検出電圧－磁界特性曲線図である。

【符号の説明】

2、32、42

感磁部（磁性体）

2 a、2 b、32 a、42 a、42 b

2 c、32 c、42 c

3

4、31、44

5

6

7、37、47

8、38、48

9、39、49

10

32 b

34

34 b

42 d

70、90、100、110

MF

磁性薄膜

非磁性薄膜

発振器

切除部

磁気記録媒体

検出器（測定器）

接地導体

誘電体基板

線路導体

リターン磁路

磁性体半導体コア

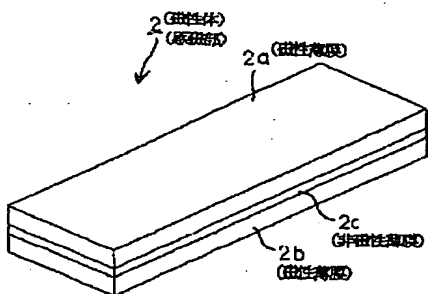
ギャップ形成部

レジスト

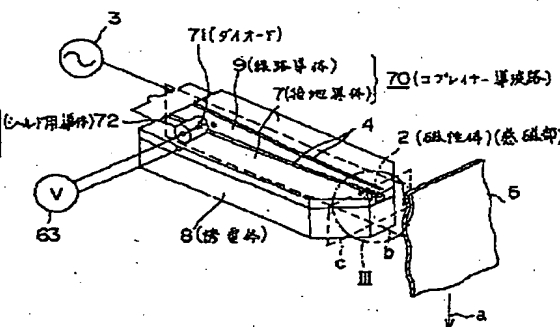
コブレイナー導波路

被検出磁束

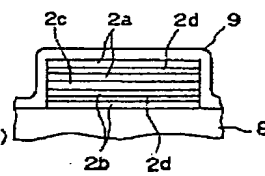
【図1】



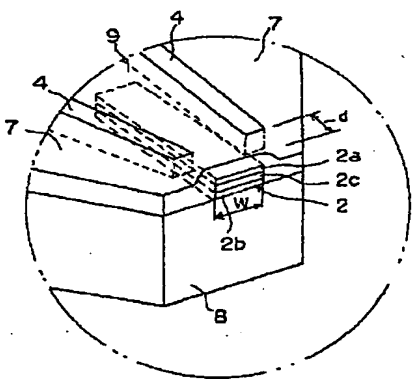
【図2】



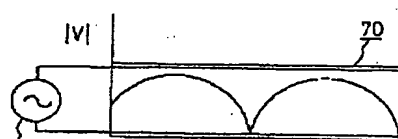
【図16】



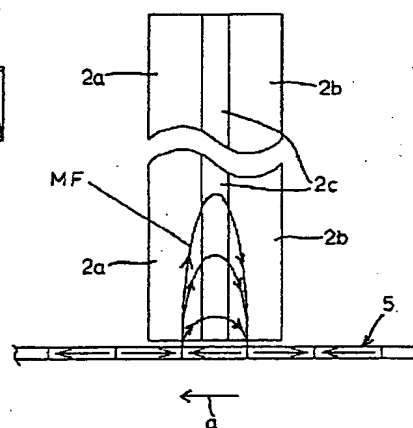
【図3】



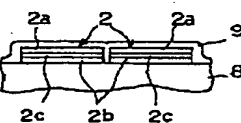
【図5】



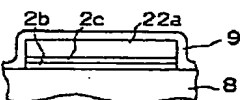
【図8】



【図18】



【図17】

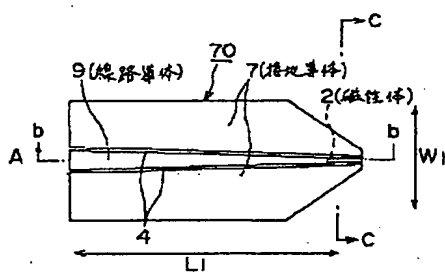




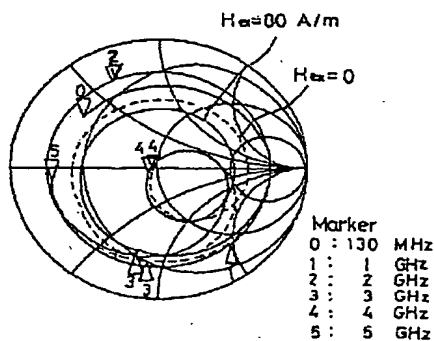
(16)

特開平6-76245

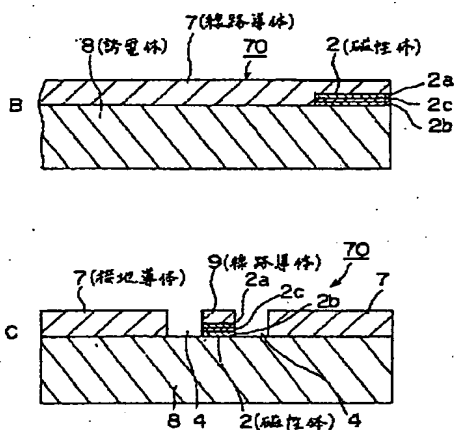
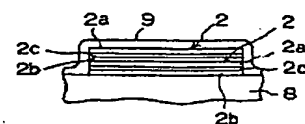
【図4】



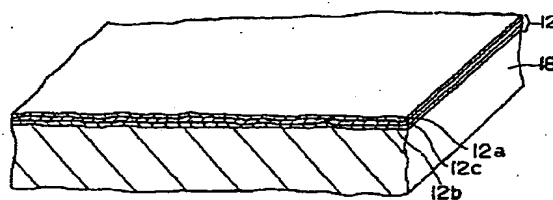
【図6】



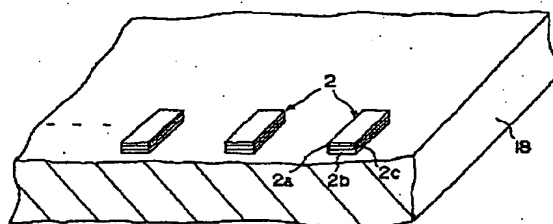
【図19】



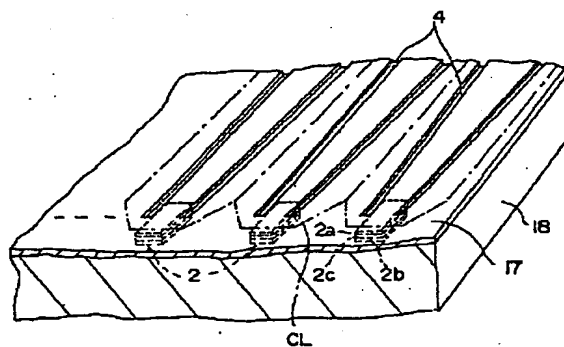
【図9】



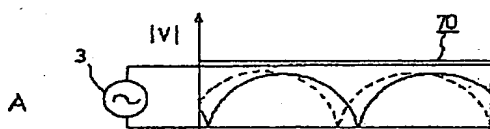
【図10】



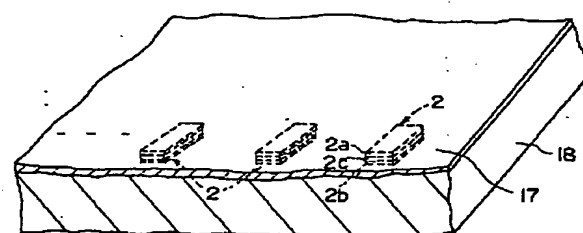
【図12】



【図7】



【図11】

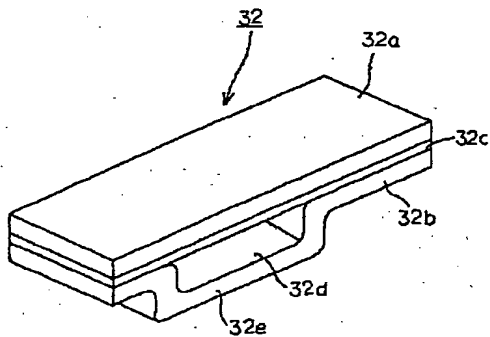




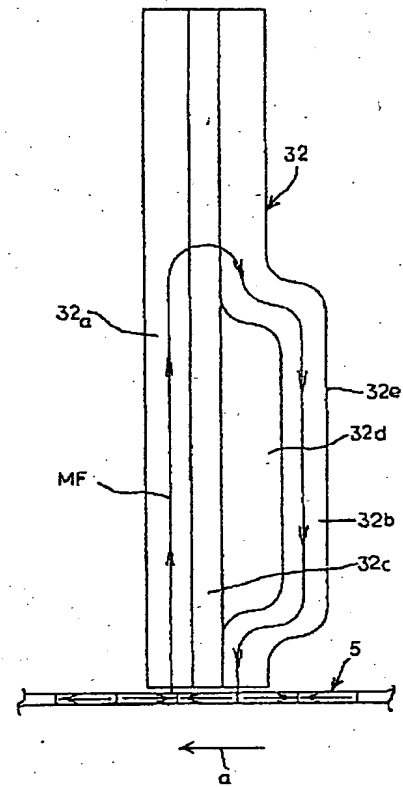
(18)

特開平6-76245

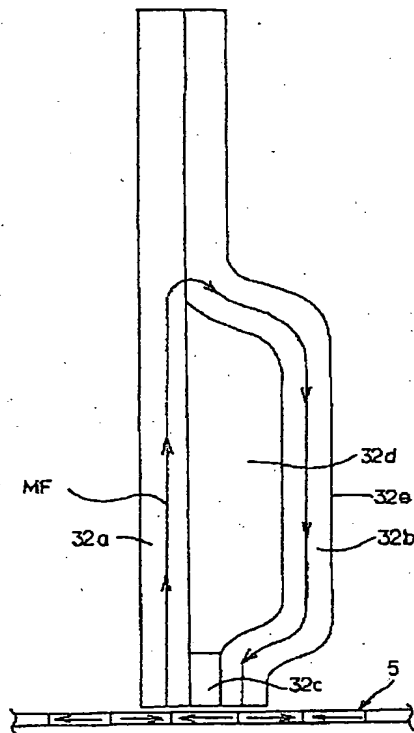
【図22】



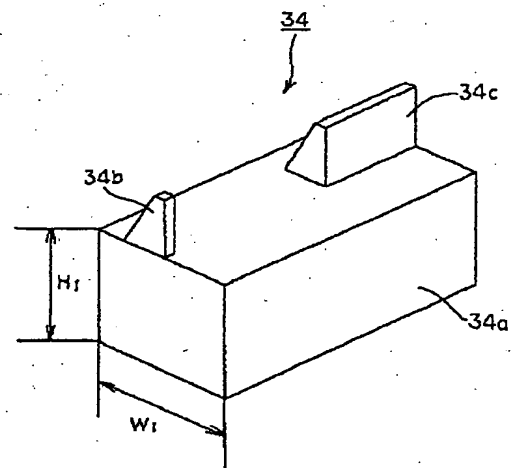
【図23】



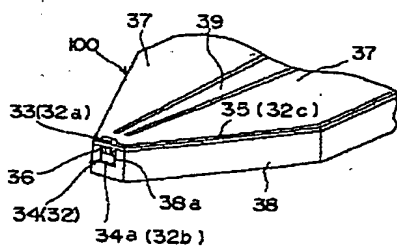
【図24】



【図25】



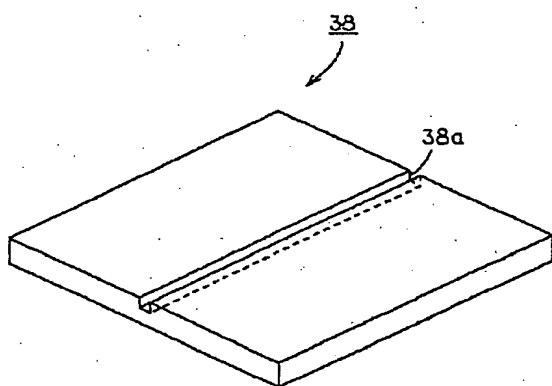
【図32】



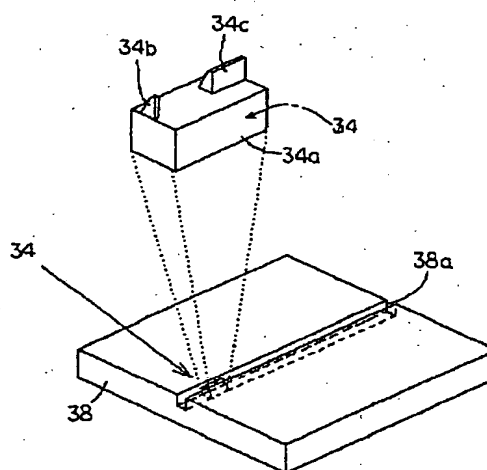
(19)

特開平6-76245

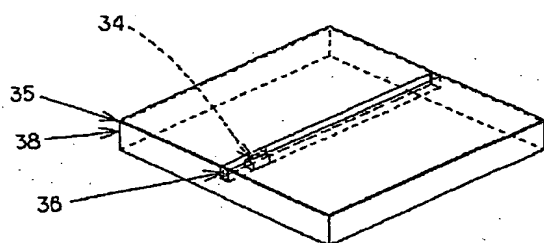
【図26】



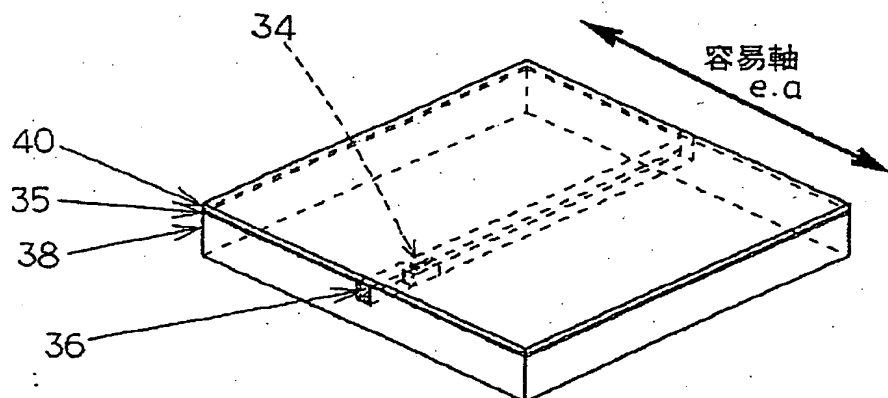
【図27】



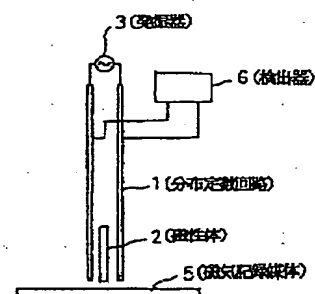
【図28】



【図29】



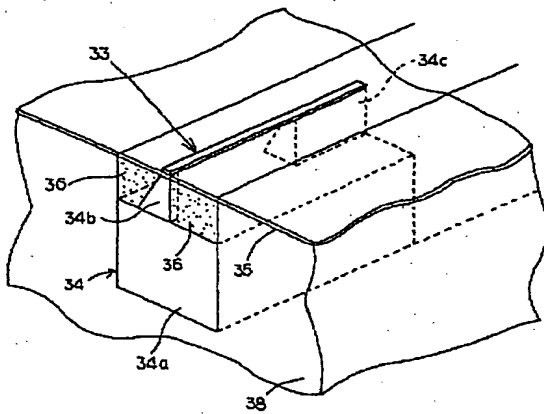
【図45】



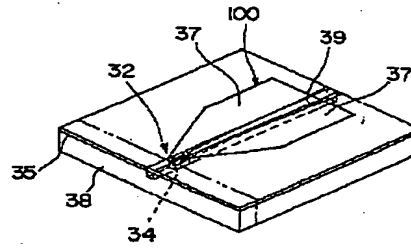
(20)

特開平6-76245

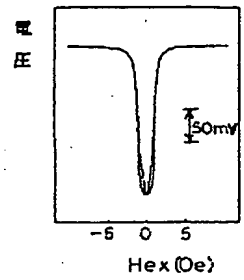
【図30】



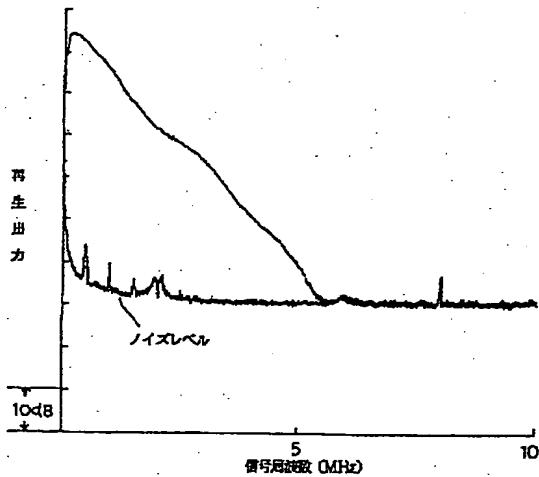
【図31】



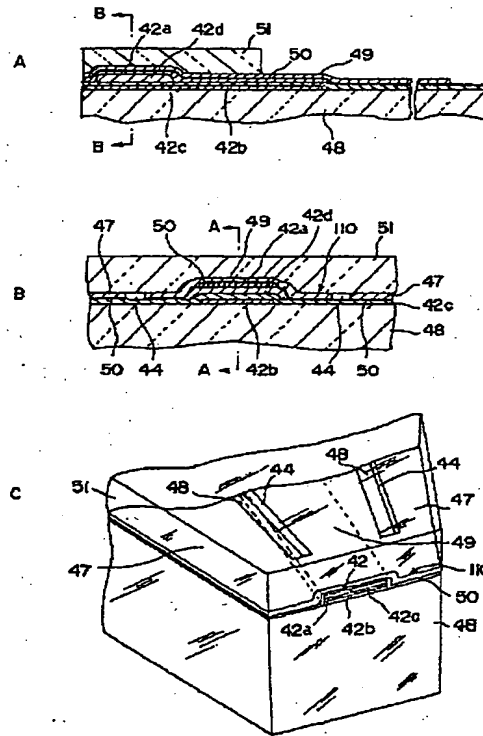
【図50】



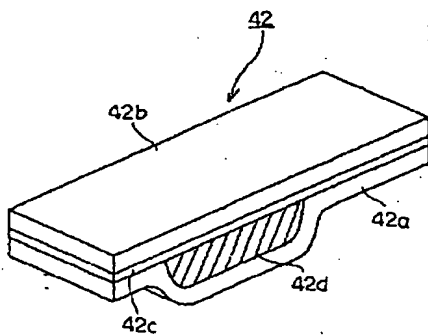
【図33】



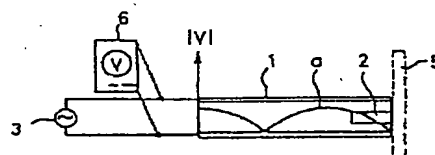
【図34】



【図35】



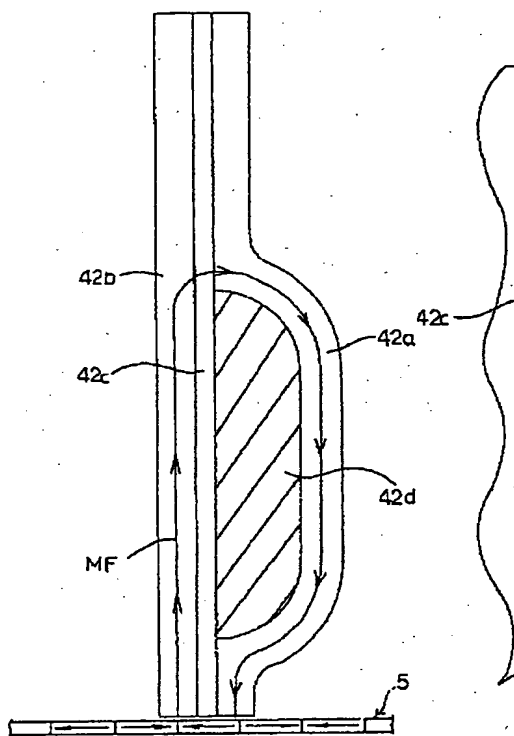
【図48】



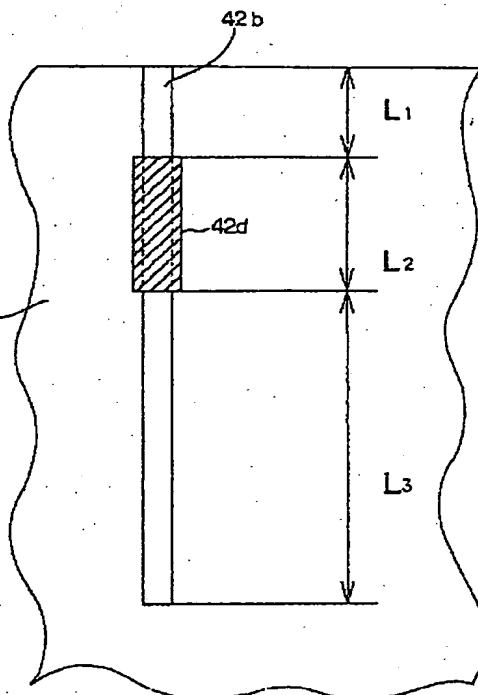
(21)

特開平6-76245

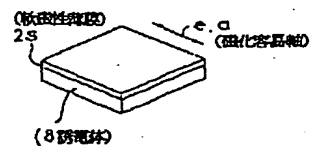
【図36】



【図37】

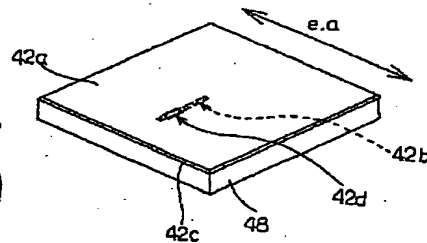
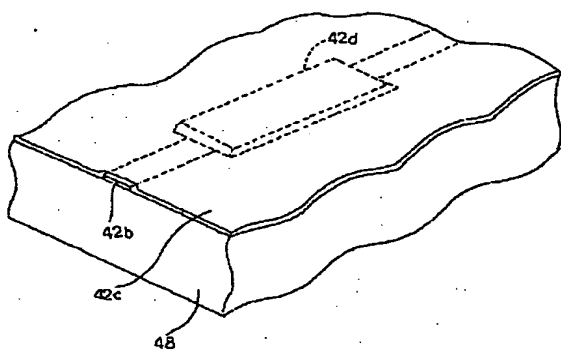


【図53】

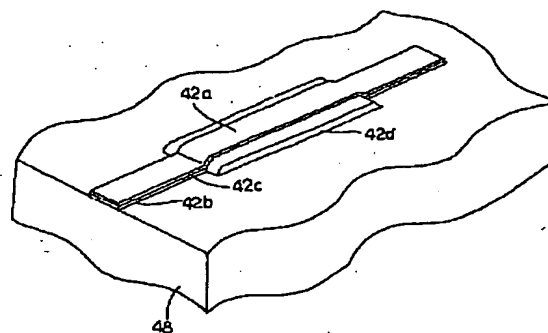


【図39】

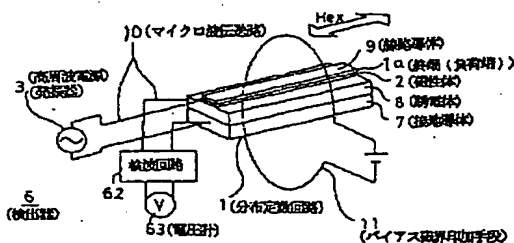
【図38】



【図40】



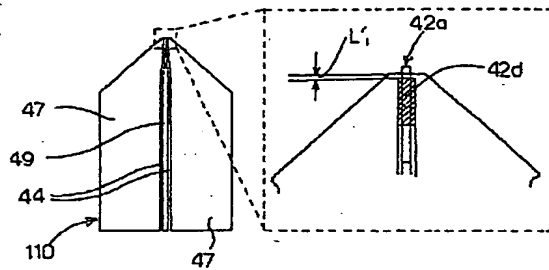
【図52】



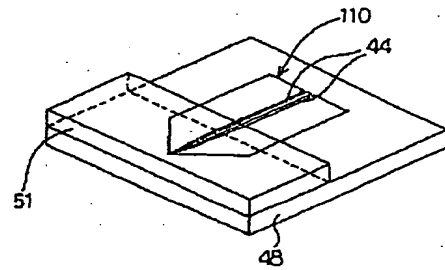
(22)

特開平6-76245

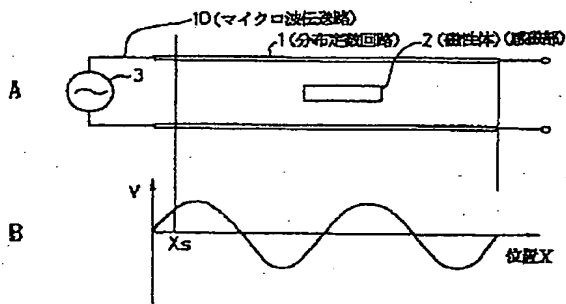
【図41】



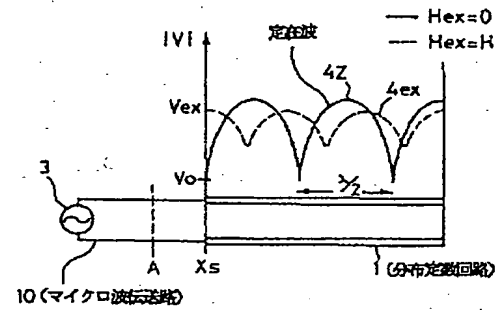
【図42】



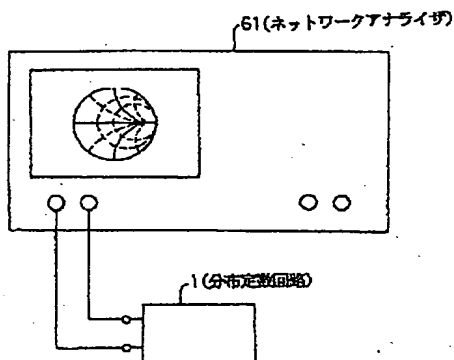
【図43】



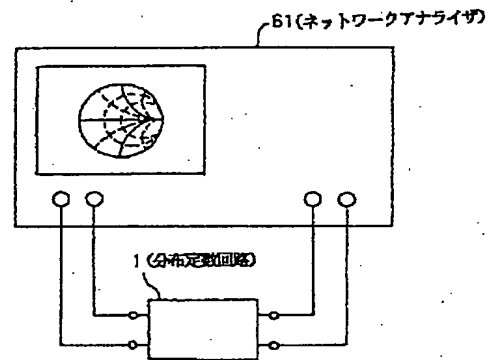
【図44】



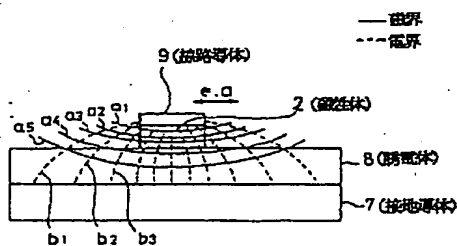
【図46】



【図47】



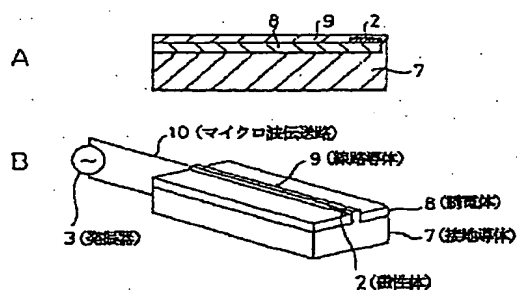
【図54】



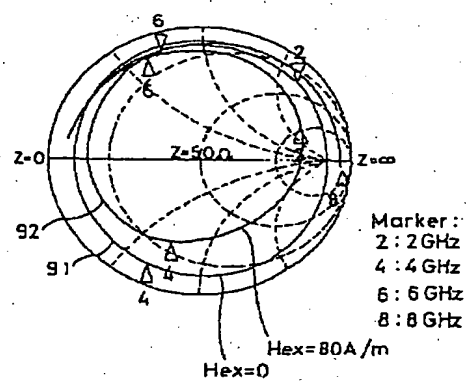
(23)

特開平6-76245

【図49】



【図51】



【図55】

